



Fachbereich Medien

Förster, Marcus

Analyse der Filmkamera ARRIFLEX 35 und der digitalen
Filmkamera ARRIFLEX D-21

- Bachelorarbeit -

Hochschule Mittweida – University of Applied Sciences (FH)

Mittweida - 2010



Fachbereich Medien

Förster, Marcus

Analyse der Filmkamera ARRIFLEX 35 und der digitalen
Filmkamera ARRIFLEX D-21

- eingereicht als Bachelorarbeit -

Hochschule Mittweida – University of Applied Sciences (FH)

Erstprüfer Zweitprüfer

Prof. Dr. phil. Otto Altendorfer Prof. Herbert E. Graus

Chemnitz - 2010

Förster, Marcus:

Analyse der Filmkamera ARRIFLEX 35 und der digitalen Filmkamera
ARRIFLEX D-21. - 2010 - 53 S.

Mittweida, Hochschule Mittweida (FH), Fachbereich Medien,
Bachelorarbeit

Die Bachelorarbeit beschäftigt sich mit dem Aufbau und der Funktionsweise der Filmkamera ARRIFLEX 35 und der digitalen Filmkamera ARRIFLEX D-21. Eingeschlossen in die Arbeit sind Informationen über die Firma ARRI und Hintergrundinformationen zu filmtechnischen Grundlagen. Außerdem werden die Unterschiede zwischen analoger und digitaler Produktion erörtert.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	VI
Tabellenverzeichnis.....	VII
Einleitung.....	VIII
1. Überblick.....	9
1.1. Kamera.....	11
1.2. Lichttechnik.....	11
1.3. Digital Intermediate Systeme.....	11
1.4. Rental.....	12
1.5. Postproduktion.....	13
2. Geschichte.....	14
2.1. Oscars.....	17
3. Grundlagen Film.....	19
3.1. Medium Film.....	19
3.2. Filmformate.....	21
3.3. Randkennzeichnung.....	22
3.4. Filmlängen und Laufzeiten.....	23
4. ARRIFLEX 35.....	24
4.1. Objektive und Revolverkopf.....	24
4.2. Spiegelblende.....	26
4.3. Sucher, Mattscheibe und Bildfenster.....	28
4.4. Filmtransport – Kassette.....	29
4.5. Filmtransport – Greifer.....	30
4.6. Motor.....	31
4.7. Stromversorgung.....	32
4.8. Blimp.....	33
5. ARRIFLEX D-21.....	35
5.1. Objektiv, Spiegelblende, optischer Sucher.....	35
5.2. Die Sensor Technologie.....	36
5.3. CCD Sensor.....	37
5.4. CMOS Sensor.....	38
5.5. Analog/Digital Wandler.....	38
5.6. Zwischenfazit.....	39

5.7. Die Merkmale der ARRIFLEX D-21.....	39
5.7.1. Aufnahmeformate.....	39
5.7.2. Ausgabeformate.....	41
6. Vergleich Analog - Digital.....	43
6.1. Wirtschaftlichkeit.....	43
6.1.1. Gesamtkosten.....	45
6.2. Bildqualität.....	46
6.2.1. Auflösung.....	46
6.2.2. Look.....	47
Fazit.....	50
Literaturverzeichnis.....	51
Anlagen.....	54

Abbildungsverzeichnis

<i>Abb. 1: Workflow Digital Intermediate</i>	<i>12</i>
<i>Abb. 2: ARRIFLEX 35</i>	<i>15</i>
<i>Abb. 3: Bildfeldgrößen für 35mm</i>	<i>22</i>
<i>Abb. 4: optische Abbildung</i>	<i>24</i>
<i>Abb. 5: Iris Blende</i>	<i>26</i>
<i>Abb. 6: schematische Darstellung des Spiegelreflexsystems</i>	<i>27</i>
<i>Abb. 7: Mattscheibe und Sucher im Spiegelreflexsystem</i>	<i>28</i>
<i>Abb. 8: 60m und 120m Filmkassetten</i>	<i>29</i>
<i>Abb. 9: Filmtransport - Greifer</i>	<i>31</i>
<i>Abb. 10: ARRIFLEX 35 mit Tornister – Akku</i>	<i>33</i>
<i>Abb. 11: Strahlteiler</i>	<i>36</i>
<i>Abb. 12: Bayer Matrix</i>	<i>37</i>
<i>Abb. 13: Active Pixel Sensor</i>	<i>38</i>
<i>Abb. 14: Prinzip der Analog/Digital Wandlung</i>	<i>39</i>
<i>Abb. 15: anamorphe Darstellung und Breitbild</i>	<i>40</i>
<i>Abb. 16: Modulationstransferfunktion Kodak Vision3 500T</i>	<i>46</i>

Tabellenverzeichnis

<i>Tbl. 1: ARRI Geschäftsbereiche</i>	<i>10</i>
<i>Tbl. 2: Filmlängen und Laufzeiten</i>	<i>23</i>
<i>Tbl. 3: Kameramiete</i>	<i>44</i>
<i>Tbl. 4: Materialkosten Analog/Digital</i>	<i>45</i>
<i>Tbl. 5: Gesamtkosten Analog/Digital</i>	<i>45</i>

Einleitung

Im Jahr 2008 gingen in Deutschland rund 129,4 Millionen¹ Menschen ins Kino. Ein Großteil der darin gezeigten Filme wurde vermutlich mit Equipment aus München gedreht.

„Spiel mir das Lied vom Tod“ (1968) von Sergio Leone, „Apocalypse Now“ (1979) von Francis Ford Coppola, „Full Metal Jacket“ (1987) von Stanley Kubrick, „Schindlers Liste“ (1993) von Steven Spielberg und „Departed – Unter Feinden“ (2006) von Martin Scorsese sind nur einige, wenn auch sehr berühmte, Filme, die ebenfalls mit den Kameras von ARRI gedreht wurden.²

Diese Arbeit beschäftigt sich im Schwerpunkt mit dem Aufbau und der Funktionsweise der ARRIFLEX 35, der ersten Spiegelreflexkamera von ARRI. Ausgehend davon wird Bezug auf die neueste, digitale Filmkamera, die ARRIFLEX D-21, genommen. Auch hier wird Aufbau und Funktion untersucht.

Die verwendeten Quellen stammen zum Teil aus Archivmaterial der Firma ARRI. Unterstützt werden diese durch Fachliteratur und kontextbezogene Internetquellen, wie z.B. dem Internetauftritt von ARRI.

Anzumerken ist, dass wahrscheinlich einige Abbildungen nicht mehr dem heutigen Qualitätsstandard entsprechen, da diese bereits älter als 50 Jahre sind.

Um die Firma besser einordnen zu können, wird im 1. Kapitel ein Überblick der Geschäftsbereiche erfolgen. Daran anschließend werden Informationen zum geschichtlichen Hintergrund gegeben.

Kapitel 3 bereitet den Schwerpunkt der Arbeit vor. Hier geht es vor allem darum, genügend Hintergrundinformationen für das Thema Filmkamera im Allgemeinen zu nennen.

Kapitel 4 befasst sich schließlich mit der ARRIFLEX 35. Auch hier werden Hintergrundinformationen genannt, die anhand der zu untersuchenden Kamera vertieft werden.

Zweiter Schwerpunkt der Arbeit ist, wie oben schon genannt, die digitale Filmkamera ARRIFLEX D-21. Die Herangehensweise ist mit der aus dem vorigen Kapitel identisch und versucht so einen geeigneten Vergleich zu ermöglichen.

Im letzten Kapitel werden schlussendlich die analoge und die digitale Produktion im Blick auf die Wirtschaftlichkeit und die Qualität untersucht.

¹vgl. FFA 2010

²vgl. Hope-Jones 2007, 50 f.

1. Überblick

Die ARRI Group hat ihren Firmensitz in München. Zusammen mit den Standorten in Stephanskirchen, Berlin, Köln, Braunschweig, Ludwigsburg, USA, Kanada, England, Irland, Nordirland, Österreich, Schweiz, Italien, Hong Kong und Australien sind insgesamt mehr als 1200 Mitarbeiter beschäftigt. ARRI ist spezialisiert auf die Entwicklung, Herstellung und den Vertrieb von filmtechnischen Geräten sowie Dienstleistungen für die Film- und Medienwirtschaft.³

Als Obergesellschaft fungiert dabei die ARRI AG mit den Geschäftsführern Franz Kraus und Dr. Martin Prillmann. Die Aktiengesellschaft hält in fast allen Fällen die 100 prozentige Mehrheit der anderen Gesellschaften und hat im Geschäftsjahr 2007 einen Umsatzerlös von 259.683.000 Euro erzielt.⁴

Gesellschaft und Sitz	Beteiligungs- quote	Geschäftsbereich
ARRI AG, München		Obergesellschaft
Arnold & Richter Cine Technik GmbH, München	100%	Hardware Komplementär GmbH
Arnold & Richter Cine Technik GmbH & Co. Betriebs KG, München	100%	Hardware F & E und Produktion
A + R Beteiligungsgesellschaft mbH, München	100%	Hardware Holding
ARRI Gießtechnik GmbH, Stephanskirchen	100%	Hardware Aluminiumgießerei
ARRI Lighting Solutions GmbH, Berlin	100%	Hardware Vertrieb - Projektierung
B & S Elektronische Geräte GmbH, Braunschweig	50%	Hardware elektronische Komponenten
ARRI Inc., Blauvelt, USA	100%	Hardware Vertrieb
ARRI (GB) Ltd., Uxbridge, England	100%	Hardware Vertrieb
ARRI Canada Ltd., Toronto, Kanada	100%	Hardware Vertrieb
ARRI Italia S.r.l., Mailand, Italien	100%	Hardware Vertrieb

³vgl. Unternehmensregister 2009, 24

⁴vgl. Unternehmensregister 2009, 5 ff.

Gesellschaft und Sitz	Beteiligungs- quote	Geschäftsbereich
ARRI Cine + Video Geräte Gesellschaft m.b.H., Wien, Österreich	100%	Hardware F & E und Fertigung
ARRI Rental Deutschland GmbH, München	100%	Rental
Camera Service Center, Inc., New York	100%	Rental
Illumination Dynamics, Inc.	100%	Rental
Media Film Service Ltd., Uxbridge, England	100%	Rental
ARRI Lighting Rental Ltd., Uxbridge, England	99,5%	Rental
ARRI (I.O.M.) Ltd., Uxbridge, England	100%	Rental
ARRI Ireland Ltd., Dublin	100%	Rental
ARRI Media Services Ltd., Uxbridge, England	100%	Rental
ARRI Australia Pty. Limited, Sydney	100%	Rental
ARRI (NI) Limited , Nordirland	100%	Rental
ARRI Film & TV Services GmbH, München	100%	Postproduktion - Kopierwerk
B.A. Produktion GmbH, München	100%	Postproduktion - Filmverleih
Schwarz Film AG, Ostermundigen, Schweiz	100%	Postproduktion - Entwicklung
Schwarz Film GmbH, Ludwigsburg	100%	Postproduktion - Vertrieb
ARRI Schwarzfilm Berlin GmbH, Berlin	100%	Postproduktion - Entwicklung

Tbl. 1: ARRI Geschäftsbereiche⁵

Um einen kurzen Überblick der verschiedenen Bereiche zu erhalten, kann man die ARRI Group in die Bereiche Kamera, Lichttechnik, Digital Intermediate Systeme, Rental und Postproduktion unterteilen. Wobei die ersten 3 Bereiche die Produktpalette widerspiegeln und Rental und Postproduktion als Dienstleistungen der Firma ARRI zu verstehen sind.

⁵eigene Darstellung in Anlehnung an: Unternehmensregister 2009, 5 f.

1.1. Kamera

ARRI bietet eine große Palette verschiedener Filmkameras, Objektive und passendem Zubehör an, dass allen Ansprüchen gerecht wird.

Die vergleichsweise leichten und kompakten 16mm Filmkameras werden hauptsächlich für TV Produktionen, Werbefilme und Dokumentationen verwendet. Mit den derzeit 5 verschiedenen 35mm Kameras wird das Segment der Kinofilmproduktionen abgedeckt. Und im Bereich des qualitativ besseren, aber auch teureren, 65mm Kinofilmformats kombiniert ARRI die Ergonomie und Funktionalität von 35mm Kameras in einer 65mm Filmkamera.

Seit 2006 ist mit der ARRIFLEX D-20 die erste digitale 35mm Kamera im Sortiment. Sie wurde vermehrt in Fernsehproduktionen eingesetzt und hat mittlerweile mit der D-21 eine Nachfolgerin.

Komplettiert wird der Bereich Kamera durch eine Vielzahl an Zubehör, wie zum Beispiel Stative, Fernbedienungen für Kameras, Kompendien und natürlich Objektive.

1.2. Lichttechnik

Auch im Segment Licht gibt es eine große Auswahl an Produkten die, unabhängig von Wetter und Klima oder Größe und Situation der Location, alle eventuellen Bedürfnisse abdecken können. So kommt Lichttechnik der Firma ARRI am Film Set, im TV Studio und Fotoatelier, im Theater und sogar im Testlichtanlagenbau zum Einsatz.

Ähnlich dem Kamerabereich, wird auch hier das Sortiment mit einer großen Anzahl an Zubehör ergänzt.

1.3. Digital Intermediate Systeme

Unter Digital Intermediate versteht man die digitale Zwischenstufe in der Postproduktion, also zwischen aufgenommenen und ausbelichteten Film. Grundsätzlich wird der Film digitalisiert, danach geschnitten und nachbearbeitet und zum Schluss wieder als Medium Film ausgegeben bzw. für die Endauswertung auf DVD oder BluRay in digitaler Form belassen.

Mit ARRISCAN wird der aufgenommene Film digitalisiert. Die Nachbearbeitung erfolgt dann mit ARRICUBE und RELATIVITY. ARRICUBE ist ein Color Management System, dass es ermöglicht die Farbe eines Films so zu bearbeiten, dass sie auf unterschiedlichen Wiedergabemedien, wie Fernseher und digitalem- und analogem Filmprojektor gleich sind. Die RELATIVITY Software bietet zudem eine

große Anzahl an Werkzeugen zur Nachbearbeitung in den Bereichen Texture Control und Spacetime Converter.

Während des gesamten Digital Intermediate Prozesses kann das digitale Master mittels ARRI Quality Control Player, kurz QCP, überprüft und einer Qualitätskontrolle unterzogen werden.

Der letzte Schritt ist die Zurückgewinnung des digitalisierten Materials in das Medium Film für analoge Filmprojektoren. Hierfür wird der ARRILASER verwendet.

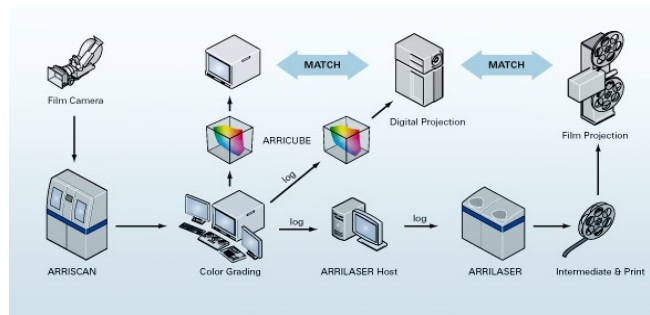


Abb. 1: *Workflow Digital Intermediate*⁶

1.4. Rental

Über ARRI Rental können alle Produkte von ARRI ausgeliehen werden, die zur Realisierung eines Filmprojektes nötig sind. Dazu ist ARRI Rental in 3 Bereiche unterteilt:

- camera rental department
- lighting rental department
- grip rental department

Über das camera rental department können alle Kameras und Objektive aus der Produktpalette von ARRI ausgeliehen werden. Lichttechnik, Generatoren und das nötige Zubehör für Film, TV und Live Events werden über das lighting rental department bereitgestellt. Kamerakräne, Dollies, Kamerafahrzeuge und alles andere Grip relevante Zubehör kann über das grip rental department bezogen werden.

Der Hauptsitz von ARRI Rental ist in München. Die Ausleihe und der Support, inklusive einer 24 Stunden Notruf Hotline, erfolgt aber weltweit.

⁶aus: ARRI(Hrsg.) 27.01.2010

1.5. Postproduktion

ARRI Film&TV Services und ARRI Schwarzfilm sind verantwortlich für die Dienstleistungen im Bereich Postproduktion. Die Hauptgeschäftsfelder umfassen digitale Filmbearbeitung, Computeranimation, offline Editing, digitale Postproduktion, Filmabtastung, Transfer, Kopierwerk, Tonabteilung und Digital Cinema.⁷

Firmen die nicht die Hardware oder Software für die Postproduktion besitzen, können so ihr Projekt teilweise oder ganz extern bearbeiten lassen.

Um einen Film einer Qualitätskontrolle unter perfekten Bedingungen zu unterziehen, kann dieser in München im ARRI Kino begutachtet werden. Dafür stehen eine 10m x 4,2m große Leinwand und sowohl analoge als auch digitale Filmprojektoren zur Verfügung.

Wie gezeigt werden konnte, ist ARRI in vielen Bereichen der Filmproduktion am Markt etabliert. Mit geeigneten Produkten und dem nötigen Know-how stellt ARRI seit über 90 Jahren ihre Dienste der Filmbranche zur Verfügung. Das nächste Kapitel schildert, wie aus einer Begeisterung zweier junger Männer für Film eine angesehene Firma entstand, die mehrfach die wichtigste Ehrung in der Filmbranche erhielt.

⁷vgl. Unternehmensregister 2009, 26

2. Geschichte

August Arnold, geboren am 12.09.1898 in Werfen bei Salzburg, zieht nach der Pensionierung des Vaters mit der Familie nach München. Der am 17.05.1899 geborene Robert Richter, stammt aus einer großbürgerlichen Unternehmerfamilie.⁸

Die beiden freunden sich 1913 an. Ihre Begeisterung für Technik verbindet sie. An einer Motor-Drehbank, ein Geschenk an Richter von dessen Eltern, unternehmen die Freunde erste Basteleien. Daraus resultiert sogar Zuarbeit für verschiedene münchener Firmen. Später bauen sie sich eine Art Heimkino mit Filmprojektor.⁹

1915 lernen sie Martin Kopp, einen münchener Filmpionier, kennen. Von ihm bekommen Arnold und Richter das Filmhandwerk beigebracht und Kontakt zu anderen Filmemachern. Von ihren Ersparnissen kaufen sie sich eine Urban Kamera. Im gleichen Jahr schliesst Arnold auch das Gymnasium mit der Mittleren Reife ab und beginnt ein Ingenieurstudium in Mittweida. In dieser Zeit wird auch der Prototyp der ab 1918 gebauten Kopiermaschinen Serie entworfen.¹⁰

Nach Abschluss des Examens 1917, gründen die Freunde ihre Firma Arnold & Richter, besser bekannt als ARRI, eine Zusammensetzung der ersten beiden Buchstaben ihrer Nachnamen. Sie beginnen ihre Arbeit am 12.09.1917 in einem kleinen Laden in der Türkenstraße, noch heute Teil des Firmenkomplexes. Durch die Wirren des 1. Weltkrieges erfolgt die offizielle Anmeldung aber erst nach Ende des Krieges, und zwar am 28.12.1918. Beide wurden zwischenzeitlich auch einberufen, Arnold 1917 und Richter 1918.¹¹

Das junge Unternehmen profitiert nach dem Ende des 1. Weltkrieges von einem Boom in der Filmbranche und kann nahezu das gesamte Spektrum der Filmindustrie abdecken. Neben dem Kopierwerk und dem Verleih filmtechnischer Geräte, produzieren sie auch selbst Filme.¹²

Mit ihren so genannten „Isar-Western“ bedienen sie die Nachfrage nach Wildwest-Filmen¹³. So entstehen Actionfilme mit gewagten Titeln, wie z.B. „Der Todescowboy“ und „Die Flammenfahrt des Pacific-Express“. In ihrem Kriminalfilm „Vorsicht!Hochspannung!Lebensgefahr!“ wechselt die Kamera vom Motorrad zum Auto und weiter zum Flugzeug.

⁸vgl. Müller 2010

⁹vgl. Bock o.J., August Arnold D1

¹⁰ebd.

¹¹ebd.

¹²ebd.

¹³vgl. Hope-Jones 2007, 48

Zwischenzeitlich kann ARRI, nach einem Brand in der Firma im Dezember 1920, nur durch einen Kredit weiter bestehen. Mitte der 1920er produziert ARRI dann Heimatfilme und in den 1930er Sketche des Komikers Karl Valentin, mit dem Arnold befreundet ist.¹⁴

Die Einnahmen der Firma werden in neue Kamera- und Lichttechnik investiert. So entstehen 1924 ihre ersten Spiegelfacetten-Scheinwerfer und ein transportables Stromaggregat. Im gleichen Jahr wird auch die KINARRI 35 entwickelt, eine Filmkamera mit Handkurbelbetrieb. Die Grundlage für die ARRI Rental Group wurde ebenfalls in dieser Zeit gelegt. Die Technik wurde immer dann vermietet, wenn sie nicht selbst genutzt wurde.¹⁵

Ab 1932 experimentieren August Arnold und der Chefsingenieur Erich Kästner an einer Spiegelreflexkamera fürs Kino. Der erste Prototyp entsteht 1936. Im Jahr 1937 wird die ARRIFLEX 35 auf der Leipziger Messe vorgestellt.

„Diese Konstruktion mit ihrem Spiegelreflex-Sucher erlaubte einen exakten Bildausschnitt ohne Parallaxenfehler sowie die präzise Beurteilung der Schärfe und brachte ARRI damit weltweit in die vorderste Reihe der Filmtechnik Unternehmen.“¹⁶

Ausserdem war die ARRIFLEX 35 mit einem Revolverkopf für drei Objektive, einem schulterbaren Gehäuse und einer wechselbaren Kassette ausgestattet.

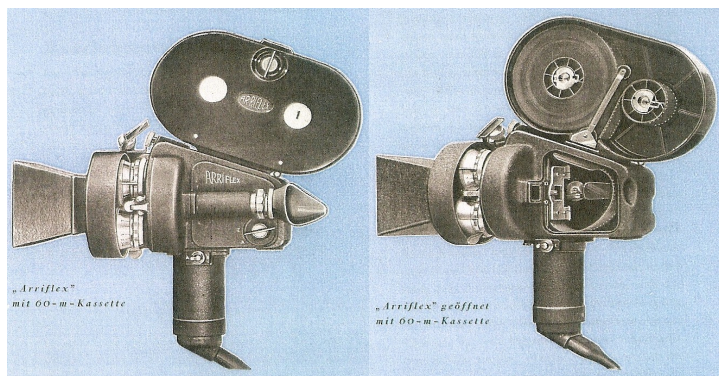


Abb. 2: ARRIFLEX 35¹⁷

Mit dem 1938 eingeführten Fresnel Scheinwerfer stärkten sie ihre Position in der Filmindustrie zusätzlich.

Während des 2. Weltkrieges ist die ARRIFLEX 35 für die deutsche Wochenschau und bei Frontberichterstattem im Einsatz.

¹⁴ vgl. Bock o.J., August Arnold D2

¹⁵ vgl. Hope-Jones 2007, 48

¹⁶ aus: Hope-Jones 2007, 49

¹⁷ aus: ARRI (Hrsg.) o.J.(a), o.S.

ARRI wird zum kriegswichtigen Betrieb und deswegen 1942 aus München verlegt. Das Werk in der Türkenstraße wird am 13.07.1944 vollständig ausgebombt.¹⁸

1946 wird die ARRIFLEX 35 von ihrer Nachfolgerin, der ARRIFLEX 35II, abgelöst. 1947 benutzt sie Delmer Daves für seinen Film „Dark Passage“ mit Humphrey Bogart und Lauren Bacall. ARRI ist in Hollywood angekommen.¹⁹

Die Gebäude in der münchener Türkenstraße wurden nach dem 2. Weltkrieg wieder aufgebaut. Es entstanden Fabrikations-, Labor- und Atelierräume. In den 1950er entstehen zusätzlich Filmateliers, ein Kino, ein Farbkopierwerk und Produktionsanlagen.²⁰

Mit Beginn des Fernsehzeitalters bringt ARRI 1952 mit der ARRIFLEX 16ST ihre erste professionelle 16mm Kamera auf den Markt. Das kostengünstigere 16mm Filmmaterial ermöglichte den Anstieg von Fernsehproduktionen und verhalf jungen Regisseuren zu ihren ersten Kinoproduktionen.

In den frühen 1960ern wurden die ARRI-Kameras immer weiter verbessert. Das führte „[...] zu Modellreihen mit variablen Verschlusszeiten und für Hochgeschwindigkeitsaufnahmen, zum Bajonettverschluss für Objektive und 1964 mit der ARRIFLEX 35IIC zu einem deutlich verbesserten Sucher-System.“²¹

Mit dem Modell ARRIFLEX 35IIC/B entwickelte ARRI Mitte der 1960er eine Kamera mit einem 2-Perforationen-Laufwerk. Mit dieser Methode konnte das kostensparende Breitwandverfahren Techniscope verarbeitet werden.

1967 erhält ARRI für die ARRIFLEX 35 ihren ersten Oscar. Im Zuge der Verbesserungen werden die Kameras in den folgenden Jahren geblimpt und später selbstgeblimpt.²²

1972 wurde so die ARRIFLEX 35BL eingeführt. Sie war die erste selbstgeblimpte, studioleise 35mm-Kamera. Mit ihrem geringen Gewicht konnte sie auch als Handkamera eingesetzt werden.²³

Im selben Jahr stirbt Robert Richter am 18.06. im Alter von 73 Jahren²⁴. Es kommt zum Streit zwischen dessen Erben und August Arnold. 1977 tritt Arnold zugunsten seines 1943 geborenen Sohns Robert in den Ruhestand.²⁵

¹⁸ vgl. Bock o.J., August Arnold D3

¹⁹ vgl. Hope-Jones 2007, 49

²⁰ vgl. Bock o.J., August Arnold D4

²¹ aus: Hope-Jones 2007, 49

²² siehe Kapitel 4

²³ vgl. Hope-Jones 2007, 50

²⁴ vgl. Müller 2010

²⁵ vgl. Bock o.J., August Arnold D4

1981 erscheint die ARRIFLEX 35IIC, mit einem einzelnen Objektiv-Anschluss und einem schwenkbaren Sucher.

Die Kamera wurde nach Anregung von Jost Vacano entwickelt, Kameramann bei Wolfgang Petersons Drama „Das Boot“. Sie erlaubte ihm auf beengten Raum bestmöglich zu arbeiten.²⁶

Für den Postproduktionsbereich wird 1982 die Abteilung ARRI Video, inzwischen ARRI Film & TV, gegründet.

Am 07.04.1983 stirbt August Arnold in München. Zu Lebzeiten erhielt er für sein Schaffen zahlreiche Auszeichnungen und bekleidete diverse Ehrenämter. So bekam er u.a. das Große Verdienstkreuz des Verdienstordens der Bundesrepublik Deutschland, den Maximiliansorden des Freistaat Bayern und die Ehrendoktorwürde der TH München.²⁷

Mit der ARRIFLEX 765 führt ARRI 1989 ihre erste 65mm-Filmkamera ein. Die Studiolaise ARRIFLEX 535 löst 1990 die ARRIFLEX 35BL ab.

In den 1990ern folgen weitere Entwicklungen, die verschiedene Kameramodelle und 1998 den ARRI LASER hervorbringen. Und schliesslich 2004 den ARRISCAN.

Nach eigenen Angaben steht ARRI „im rasch wachsenden Bereich der Digital Intermediate Prozesses [...] in vorderster Linie der technischen Entwicklung und eröffnet neue Möglichkeiten für Arbeitsabläufe in der Postproduktion.“²⁸

Die ARRIFLEX D-20 ist die erste digitale 35mm-Kamera aus dem Hause ARRI. Sie ist 2006 erschienen und hat mittlerweile mit der ARRIFLEX D-21 eine Nachfolgerin²⁹.

2.1. Oscars

Jedes Jahr im Januar vergibt die *Academy of Motion Picture Arts and Sciences* den wohl wichtigsten Preis in der Filmbranche, den Oscar. Neben den bekannten Preisen für den besten Film, die beste Hauptrolle oder ähnliche Kategorien, gibt es aber auch eine eigene, weniger bekannte, Zeremonie für technische Errungenschaften.

Der Scientific and Engineering Award wird für wichtige Entwicklungen vergeben, die die Filmindustrie nachhaltig verändern werden oder es bereits getan haben. Unter den bis dato 14 Oscars für ARRI ist neben den technischen Awards auch der Gordon E. Sawyer Award für Erich Kästner. Dieser Preis ehrt Personen, die der Filmindustrie zur technischen Weiterentwicklung verholfen haben.

²⁶vgl. Hope-Jones 2007, 51

²⁷vgl. Bock o.J., August Arnold D5

²⁸aus: Hope-Jones 2007, 51

²⁹siehe Kapitel 5

Nachfolgend eine Liste aller Oscars, die ARRI in Empfang nehmen durfte:³⁰

- 1967 für Design und Entwicklung der ARRIFLEX 35
- 1974 für Design und Entwicklung der ARRIFLEX 35 BL
- 1982 an August Arnold und Erich Kästner für Konzept und Entwicklung der ersten 35mm Kamera
- 1989 an Otto Blaschek und ARRIFLEX Corporation für Konzept und Umsetzung der ARRIFLEX 35 III
- 1991 für kontinuierliche Verbesserungen der ARRIFLEX BL Kameras bis hin zum Modell ARRIFLEX 35 BL 4 s
- 1992 Gordon E. Sawyer Award für Erich Kästner
- 1993 an Arnold & Richter, Otto Blaschek und ARRI Austria für Design und Entwicklung der ARRIFLEX 765
- 1996 für die Entwicklung der ARRIFLEX 535 Serie
- 1999 1.) an ARRI Cine Technik und Carl Zeiss Company für das Konzept und optische Design der Car Zeiss/ ARRIFLEX Variable Prime Lenses
2.) an ARRI Cine Technik und ARRI USA, Inc. für Konzept und Umsetzung der ARRIFLEX 435
- 2002 1.) an Franz Kraus, Johannes Steurer und Wolfgang Riedel für Design und Entwicklung des ARRILASER
2.) für kontinuierliche Entwicklungen und Innovationen in Design und Herstellung
- 2003 an ARRI Cine Technik und Panavision, Inc. für kontinuierliche Entwicklungen und Innovationen in Design und Herstellung von professionellen Filmkameras
- 2009 an Erwin Melzner für das Konzept-, an Volker Schumacher für das optische Design- und an Timo Müller für das mechanische Design des ARRIMAX 18/12

Außerdem erhielt ARRI im Jahr 2002 von der *Academy of Television Arts and Sciences* einen EMMY für 50 Jahre außergewöhnliche Leistungen im Bereich technischer Entwicklungen.

³⁰vgl. ARRI(Hrsg.) 25.11.2009

3. Grundlagen Film

Das Medium Film steht in engem Bezug zur Kamera. Gerade deswegen ist es nützlich Basiswissen darüber zu erhalten. In diesem Kapitel wird also versucht, einen Überblick über Medium, Formate, Längen und einiges mehr zu vermitteln. Obwohl sich diese Arbeit in erster Linie an der 35mm Filmkamera orientiert, wird nicht darauf verzichtet auch die anderen Formate zu erklären, mit dem Ziel einen möglichst großen Gesamtüberblick zu verschaffen.

3.1. Medium Film

Film ist ein Speichermedium, über das Bewegungsvorgänge wiedergegeben werden. Durch die Abfolge mehrerer Einzelbilder entsteht ein Bewegtbild. Das Prinzip ist mit dem fotografischen Prozess identisch. Lichtempfindliches Material wird auf ein transparentes Trägermaterial aufgebracht. Dafür muss es geschmeidig, reissfest und formbeständig sein. Bis in die 1950er wurde dafür Zellulose-Nitrat verwendet. Der so genannte Nitrofilm hatte aber nur eine vergleichsweise geringe Haltbarkeit und war zudem noch leicht entflammbar.³¹ Ein Umstand der auch ARRI widerfuhr, als sich 1920 Nitrofilm beim perforieren entzündete und ein Großteil der Firma in Flammen aufging.³²

Heute wird Sicherheitsfilm aus Zellulose-Triazetat oder Polyesterkunststoff verwendet. Bekannte Hersteller sind Kodak, Fuji und Ilford.

Wie oben schon erwähnt, setzt sich Film aus einem Schichtträger und einer lichtempfindlichen Schicht, auch als Emulsion bezeichnet, zusammen. Die Dicke des Filmmaterials beträgt circa 0,130mm bis 0,165mm.

Die lichtempfindliche Schicht besteht aus Gelantine. In der Gelantine sind Silbersalze, meist Silberbromid, eingebettet. Die Transparenz der Gelantine ermöglicht das Eindringen von Licht und Entwickler- und Fixiersubstanzen.

Die Energie der Photonen rufen bei der Belichtung eine chemische Veränderung in den Kristallen des Silberbromids hervor. Vorerst entsteht jedoch nur ein latentes Bild. Durch Zugabe von Entwicklersubstanzen bewirkt die chemische Reaktion eine Silberbildung, die als Schwärzung sichtbar wird.³³ Danach wird der Film im so genannten Fixiervorgang

³¹ vgl. Schmidt 2008, 25

³² siehe Kapitel 2

³³ vgl. Jaklitsch 2004, 195 f.

lichtecht gemacht. Dazu wird das Silberbromid an den unbelichteten Stellen in einer Thiosulfatlösung abgelöst und anschließend herausgewaschen. Zuletzt wird der Film getrocknet.³⁴

Bei Farbfilmen besteht die Emulsion aus 3 übereinander liegenden Schichten, mit je einer Empfindlichkeit für blaue, grüne und rote Strahlung. In den Schichten sind spezielle Substanzen, so genannte Farbkuppler, integriert, die bei der Entwicklung Farbstoffe bilden. Die Silberkörner werden so von Farbstoffwolken eingehüllt. Nach der Farbbildung werden die Silbersalze in einem Bleichbad entfernt.³⁵

Da jetzt sowohl beim schwarz/weiß Film als auch beim Farbfilm nur ein invertiertes Bild vorliegt, ist es nötig von einem Negativ ein Positiv für die Filmvorführung zu erhalten. Dafür gibt es 2 Möglichkeiten:

- Negativ/Positiv Verfahren
- Umkehrverfahren

Beim Negativ/Positiv Verfahren wird das erste Negativ, nach der Entwicklung und Fixierung, mit gleichmäßiger Beleuchtung auf einen zweiten Film kopiert. Dieser wird dann auch wieder entwickelt und fixiert.

Im Umkehrverfahren wird das Negativ zunächst nicht fixiert, d.h. die unbelichteten Silbersalze werden nicht entfernt. Stattdessen wird in einem Bleichprozess das Silber beseitigt. Durch eine zweite Belichtung des Films mit diffusem Licht erscheinen nach Entwicklung und Fixierung die ursprünglichen dunklen Partien geschwärzt.³⁶ Beim Farbfilm ist das Umkehrverfahren bis auf den Bleichvorgang zur Entfernung des Silbers identisch.³⁷

Die Anzahl und Größe der Silberbromidkristalle in der Emulsion beeinflusst die Empfindlichkeit des Filmmaterials. Große Kristalle fangen mehr Licht auf und bilden anschließend mehr und schneller Silber. Sie führen also zu einer hohen Empfindlichkeit.

Bei der Herstellung der Emulsion kann die Größe der Kristalle und damit die Empfindlichkeit des Films beeinflusst werden. Im Film werden die Kristalle als Filmkorn wahrgenommen. Besonders die größeren Kristalle werden auf großen Flächen mit mittleren Grauwerten sichtbar. Die Körner sind statistisch unregelmässig verteilt und tragen zum so genannten Filmlook bei.³⁸

³⁴vgl. Schmidt 2008, 25 ff.

³⁵ebd.

³⁶ebd.

³⁷ebd.

³⁸ebd.

Dennoch hängt „die subjektiv empfundene Körnigkeit [...] vom Vergrößerungsmaßstab, dem Detailreichtum des Bildinhalts, der Farbe, der Bewegung (das auffälligere Kribbeln des Korns in statischen Einstellungen) und psychologischen Faktoren ab.“³⁹

3.2. Filmformate

Das Filmformat gibt Informationen über Filmbreite, Perforation und Bildfeldgröße. Die 3 Standard Filmbreiten, gemessen an den äußeren Rändern, sind 16mm, 35mm und 65mm.

16mm Film wird hauptsächlich für Dokumentarfilme und TV Produktionen verwendet. Das Standard Kinofilmformat ist der 35mm Film. Das schärfste aber auch teuerste Format ist der 65mm Film. Hier ist es üblich auf 65mm aufzunehmen und für die Endverwertung auf 70mm zu kopieren. Der zusätzliche Platz wird dann für Tonspuren genutzt.

Zusätzlich gibt es die Möglichkeit, mit einem so genannten Blow-Up durch Vergrößerung einen 16mm Film auf 35mm zu kopieren.⁴⁰

Da in der Regel 24 B/s (Bilder pro Sekunde) aufgenommen werden, muss der Film Schrittweise transportiert werden. Dafür sind beidseitig, regelmäßig Perforationslöcher angeordnet. Die Anzahl und die Form der Löcher sind von Format zu Format unterschiedlich. Der Abstand zweier Lochkanten wird Perforationslochabstand genannt und hat entweder das Maß short-pitch oder long-pitch. Das Kopierverfahren erfordert diese 2 unterschiedlichen Abstände, da beim Kopieren ungleiche Radien der Filmrollen entstehen. Bei 35mm Film beträgt dieser Unterschied 0,01mm. Grundsätzlich wird das Negativmaterial mit short-pitch aufgenommen und die vorführfertigen Kinokopien auf long-pitch kopiert.⁴¹ Anlage 1 auf S. 56 gibt nochmals einen genauen Überblick über die Perforation.

Die Bildfeldgröße des 35mm Normalfilmformats beträgt 22mm x 16mm, hat ein Bildseitenverhältnis von 1,37:1 und wird als Academy Format bezeichnet. Später wurde mit dem Format Super 35 die maximale Fläche genutzt. Hier beträgt die Bildfeldgröße 24,89mm x 18,7mm, mit einem Seitenverhältnis von 1,33:1.

1953 wurde das Breitbildverfahren Cinema Scope, mit einer Bildfeldgröße von 22mm x 18,7mm, eingeführt. Durch anamorphotische Kompression wird das Bild während der Aufnahme in der Horizontalen um den Faktor 2 gestaucht. Bei der Wiedergabe wird das Bild entzerrt. Die Aufnahme erfolgt mit einem Seitenverhältnis von 1,175:1, während die Wiedergabe ein Verhältnis von 2,35:1 aufweist.

³⁹aus: Jaklitsch 2004, 251

⁴⁰vgl. Schmidt 2008, 29

⁴¹vgl. Jaklitsch 2004, 205 ff.

Breitbild ist bei den meisten Produktionen zum Standard geworden. Allerdings wird heute meist nur die vertikale Bildfläche begrenzt. Das Bildseitenverhältnis ist ein Kompromiss aus Academy und Cinema Scope. In Europa beträgt die Bildfeldgröße 22mm x 13,25mm mit einem Seitenverhältnis von 1,66:1. In den USA ist das Bildfeld 22mm x 11,89mm groß und hat ein Seitenverhältnis von 1,85:1.⁴²

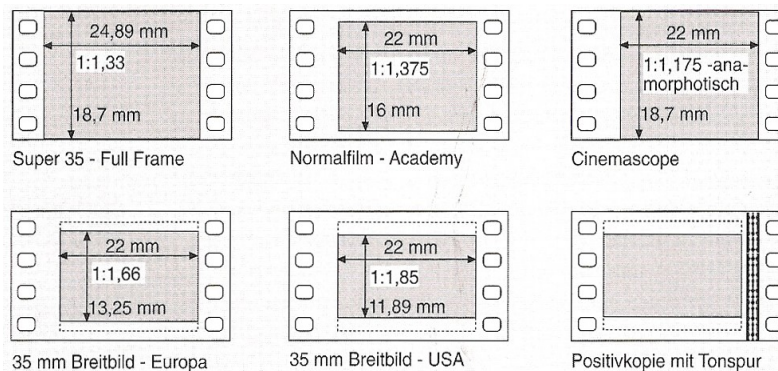


Abb. 3: Bildfeldgrößen für 35mm⁴³

3.3. Randkennzeichnung

Am Rand aller Filme ist in regelmäßigen Intervallen eine Ziffernfolge angeordnet. Diese wird bereits bei der Herstellung aufbelichtet. Bei 35mm und 65mm Film befinden sich diese Fußnummern alle 16 Bilder zwischen der Perforation und dem Bildrand. Bei 16mm Film erfolgt die Kennzeichnung in einem Abstand von 20 Bildern.⁴⁴

Die eindeutige Kennzeichnung der Bilder ist für den Schnitt unerlässlich. Um die Synchronisation von Bild und Ton zu vereinfachen hat ARRI den ARRICODE entwickelt. Hierzu wird parallel zur Filmaufnahme ein Strichmuster mit aufbelichtet. Dieses enthält einen digital verschlüsselten 112-Bit-Zeitcode. Dadurch kann das Bild- und Tonmaterial Bildgenau adressiert werden. Die Aufbelichtung des Timecodes in der Kamera erfolgt über Leuchtdioden. Vor der Aufnahme kann der Timecode so gesetzt werden, dass er mit der Tonaufzeichnung identisch ist.⁴⁵

⁴²vgl. Schmidt 2008, 31 ff.

⁴³aus: Schmidt 2008, 32

⁴⁴vgl. Jaklitsch 2004, 211 f.

⁴⁵vgl. Schmidt 2008, 35 f.

3.4. Filmlängen und Laufzeiten

Das Filmmaterial hat verschiedene Standardlängen und ist auf Wickelkerne oder Spulen aufgewickelt. Die Filmlänge wird in geraden Zahlen in der Maßeinheit Fuß angegeben. Bei 35mm Film entspricht ein Fuß 16 Bildern. Die Standardlängen bei 35mm Film sind 200 Fuß, 400 Fuß und 1000 Fuß, also 61m, 122m und 305m.⁴⁶

Die nachfolgende Tabelle zeigt wie viel Meter 35mm Film nötig sind, um bei einer Aufnahmegeschwindigkeit von 24 B/s diverse Laufzeiten zu erlangen.

Minuten	Meter
1	27,36
5	136,80
10	273,60
30	820,80
60	1641,60

Tbl. 2: *Filmlängen und Laufzeiten*⁴⁷

⁴⁶vgl. Schmidt 2008, 36 f.

⁴⁷eigene Darstellung in Anlehnung an: Schmidt 2008, 37

4. ARRIFLEX 35

Die 1937 erschienene ARRIFLEX 35, war die erste tragbare 35mm Filmkamera die das Spiegelreflexsystem nutzte. Durch ihre kompakte Bauweise und ihrem geringen Gewicht erreichte sie eine gute Handhabung bei gleichzeitig großer Stabilität. Die Spiegelreflex Einrichtung ermöglichte erstmals parallaxenfreie Bildüberwachung auf einer Mattscheibe. Eine weitere Besonderheit war der Revolverkopf, an dem 3 Objektive angeschlossen werden konnten. So ließ sich schnell zwischen verschiedenen Brennweiten wechseln. Die Kassetten hatten ein Fassungsvermögen von 60m oder 120m Film. Angetrieben wurde die Kamera durch einen Motor, der im Handgriff verbaut war.

Bei einer professionellen Filmkamera ist höchste Präzision, auch im Zusammenspiel der verschiedenen Komponenten, gefordert. Nachfolgend werden die einzelnen Bestandteile und ihre Funktion genauer erklärt. Dabei wird versucht eine möglichst sinnvolle Reihenfolge einzuhalten. Natürlich gibt es bei einem so komplexen Objekt aber mehrere relevante Annäherungsmöglichkeiten, die jedoch nicht alle berücksichtigt werden können.

4.1. Objektive und Revolverkopf

Das Grundprinzip der optischen Abbildung beruht darauf, dass das Licht im Objektiv durch eine Sammellinse gebündelt wird. Diese konvexe Linse bricht die Strahlen und führt sie auf einer Brennpunktebene, spiegel- und seitenverkehrt, zusammen.⁴⁸

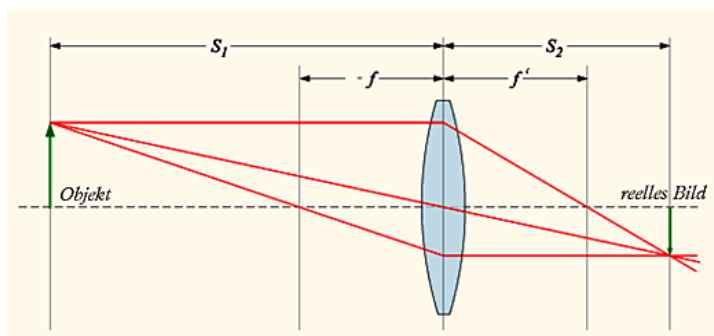


Abb. 4: optische Abbildung⁴⁹

⁴⁸vgl. Schmidt 2008, 53

⁴⁹aus: Wikipedia(a) 2004

Grundsätzlich gibt es 3 Typen von Objektiven:

- Normal Objektiv
- Weitwinkel Objektiv
- Tele Objektiv

Die Objektive werden nach ihrer Brennweite klassifiziert. Die Brennweite ergibt sich aus dem Abstand der Filmebene und dem Mittelpunkt der Linse. Das Normal Objektiv hat eine Brennweite von 35mm – 50mm.

Objektive mit einer Brennweite unter 30mm zählen zu den Weitwinkel Objektiven. Im extremen Fall können mit diesen Objektiven Blickwinkel bis fast 180° erzeugt werden. Im Gegensatz zum Normal Objektiv, das am wenigsten verzerrt, kann ein Weitwinkel die Tiefen Wahrnehmung zusätzlich betonen und auch die lineare Wahrnehmung verzerren.⁵⁰

Bei Brennweiten über 50mm wird vom Tele Objektiv gesprochen. Es vergrößert Objekte und kann die Tiefen Wahrnehmung unterdrücken. Die Brennweite beim Tele Objektiv kann durchaus 1200mm betragen.⁵¹

Die 3 Objektiv Typen haben, abhängig von der Brennweite, unterschiedliche Schärfenbereiche. Es gilt, je kleiner die Brennweite, desto größer der Schärfenbereich und umgekehrt.

Der Schärfenbereich bzw. die Schärfentiefe ist der Bereich vor und hinter einem von der Kamera fokussierten Objekt. Das bedeutet, dass bei großer Schärfentiefe der Bereich vor und hinter dem anvisierten Objekt als scharf empfunden wird, wohingegen bei geringer Schärfentiefe der gleiche Bereich als unscharf bzw. verwischt wahrgenommen wird.

Die Schärfentiefe ist ein wichtiges Filmstilistisches Mittel und kann zusätzlich durch die Blendenöffnung des Objektivs beeinflusst werden.

Mit der Iris Blende wird der Durchmesser des effektiven Objektivs vergrößert oder verkleinert.

Dies erfüllt 2 Aufgaben. Einerseits kann so die Menge des Lichts, die auf das Objektiv trifft, reguliert werden. Andererseits bewirkt eine kleine Blendenöffnung einen größeren Schärfenbereich als eine weit geöffnete Blende. Besonders im Normal- und Telebereich macht sich dies bemerkbar. Beim Weitwinkel ist der Schärfenbereich so groß, dass eine Veränderung für das menschliche Auge kaum sichtbar ist.

⁵⁰vgl. Monaco 2006, 75

⁵¹ebd.

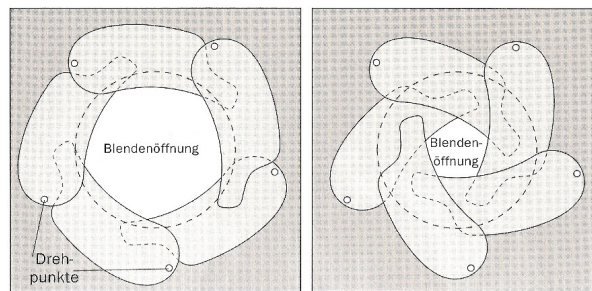


Abb. 5: *Iris Blende*⁵²

Die ARRIFLEX 35 war mit einem Revolverkopf ausgestattet, der Platz für 3 auswechselbare Objektive bot. Revolver stammt von dem lateinischen „revolvere“ und bedeutet soviel wie „weiterdrehen“.⁵³

Die Grundausstattung umfasste 3 Astro Pantachar- oder 3 Hugo – Meyer – Primoplan Objektive mit den Brennweiten 30mm, 50mm und 75mm. Um andere handelsübliche Objektive zu nutzen, mussten diese mit einer ARRIFLEX – Spezialfassung versehen werden.⁵⁴

Um zwischen den Objektiven zu wechseln, kann der Revolverkopf an insgesamt 3 Schwenkhebeln gedreht werden. Zusätzlich sind die Hebel so markiert, dass die gewählte Brennweite erkennbar ist, ohne die Kamera abzusetzen. Die Schärfe wird durch Doppelflügel Hebel geregelt, die an jedem Objektiv angebracht sind. Das Auswechseln der Objektive erfolgt einfach, indem 2 Verriegelungsgriffe gegeneinander gedrückt werden und das Objektiv entnommen bzw. eingesetzt wird.⁵⁵

Um das Objektiv während der Aufnahme vor seitlich einfallenden Sonnenstrahlen zu schützen, kann ein so genanntes Kompendium angebracht werden. Gleichzeitig werden dadurch auch die nicht benutzten Objektive geschützt. Das Kompendium lässt sich zusätzlich auch als Filterhalter, für Filter der Grösse 75mm x 75mm, verwenden.⁵⁶

4.2. Spiegelblende

Mit der Spiegelreflexblende adaptierte ARRI das Prinzip der Spiegelreflexfotografie. Der Film wird belichtet, wenn das Licht durch das Objektiv direkt auf den Film trifft. In der belichtungsfreien Zeit gelangt das Licht zwar in das Objektiv, aber nicht auf den Film. Stattdessen befindet sich zwischen Objektiv und Film ein Spiegel, der das Licht in einen Sucher lenkt.

⁵²aus: Monaco 2006, 82

⁵³vgl. Wikipedia(d) 2010

⁵⁴vgl. ARRI (Hrsg.) o.J.(a), o.S.

⁵⁵ebd.

⁵⁶vgl. ARRI (Hrsg.) o.J.(a), o.S.

Bekanntlich beträgt die Standardbildwiederholrate beim Film 24 B/s. Das bedeutet, dass pro Sekunde 24 Einzelbilder aufgenommen werden. In der Zeit, in der der Film weiter transportiert wird, um das nächste Einzelbild aufzunehmen, darf er natürlich nicht belichtet werden.

Bei der ARRIFLEX 35 rotiert zu diesem Zweck eine 180° Spiegelblende im Winkel von 45° zwischen Objektiv und Filmebene.⁵⁷



Abb. 6: schematische Darstellung des Spiegelreflexsystems⁵⁸

Immer dann wenn die Spiegelblende den Film verdeckt, wird das Bild in den Sucher gelenkt, durch den der Kameramann das Bild kontrollieren kann. So entstehen eigentlich sogar 48 B/s. 24 Bilder auf Film und 24 Bilder im Sucher.

Bei ausgeschalteter Kamera befindet sich die Spiegelblende stets zwischen Objektiv und Film. So wird erstens sichergestellt, dass der Film nicht belichtet wird und zweitens kann jederzeit über den Sucher das Kamerabild eingerichtet werden.

Wie oben bereits erwähnt, beträgt die Standardbildwiederholrate 24 B/s. Es ist jedoch auch möglich mit der ARRIFLEX 35 Aufnahmegeschwindigkeiten von 8 bis zu 30 B/s zu erzeugen. In späteren Modellreihen der ARRIFLEX 35 wurde die Spanne der Aufnahmegeschwindigkeiten immer größer. Dadurch konnten dann nicht nur Zeitraffer- sondern auch Zeitlupen Aufnahmen realisiert werden.

Mit dem Modell ARRIFLEX 35 II BV wurde die Spiegelblende um eine wichtige Funktion erweitert. Sie wurde zur verstellbaren Sektorenblende. Von da an war es möglich die Belichtungszeit der Einzelbilder zu verändern. Dazu wurde hinter der Spiegelblende ein verstellbarer Sektor angebracht. Dieser kann bei stehender Kamera von 0° bis 165° um jeweils 15° verstellt werden.⁵⁹

Bei heutigen aktuellen Kameramodellen kann die Sektorenblende sogar während der Aufnahme verstellt werden.

⁵⁷vgl. ARRI (Hrsg.) o.J.(b), o.S.

⁵⁸aus: ARRI (Hrsg.) o.J.(b), o.S.

⁵⁹vgl. ARRI (Hrsg.) o.J.(b), o.S.

4.3. Sucher, Mattscheibe und Bildfenster

Durch den Sucher kann jederzeit die Bildkomposition und die Schärfe kontrolliert werden. Der rotierende Spiegel der Sektorenblende reflektiert das Bild dabei in den Sucher. Genauer gesagt zuerst auf eine Mattscheibe. Der Abstand vom Objektiv zur Filmebene entspricht dem Abstand vom Objektiv zur Mattscheibe, somit ist die absolute Kontrolle des Bildes durch den Sucher gewährleistet.

Die Mattscheibe ist transparent und hat eine mattierte Seite, auf der das Bild aufgefangen wird. Anschliessend erfolgt eine diffuse Streuung des Lichts. Im Okular ist schließlich ein vergrößertes, aufrecht und seitenrichtig stehendes Bild zu sehen. Die Vergrößerung des Mattscheibenbildes erfolgt um das 6,5 fache mittels Lupe und ist für jedes Auge passend einstellbar.⁶⁰

Ein wichtiges Merkmal der ARRIFLEX 35 war die, durch das Spiegelreflexsystem ermöglichte, parallaxenfreie Darstellung des Bildausschnitts. Das bedeutet, dass die Bildelemente sowohl durch die Mattscheibe als auch auf dem Film die gleiche geometrische Lage zueinander haben, da die Lichtquelle, das Objektiv, für beide die gleiche ist. Dadurch war höchste Kontrolle über den Bildausschnitt gegeben.

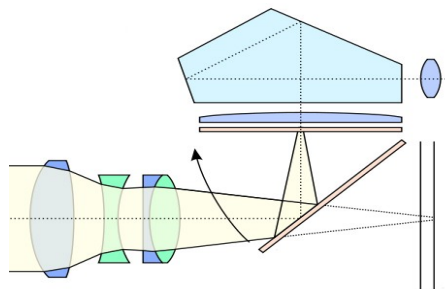


Abb. 7: *Mattscheibe und Sucher im Spiegelreflexsystem*⁶¹

Das Äquivalent zur Mattscheibe ist das Bildfenster. Ein rechteckiger Ausbruch in der Filmlaufbahn, der die vom Objektiv kommenden Lichtstrahlen begrenzt und so die Filmgröße bestimmt. Der zu belichtende Film verläuft unmittelbar dahinter. Das Bildfenster muss regelmäßig von Staub und Fusseln bereinigt werden, da diese sonst auf dem Film zu sehen wären.

⁶⁰vgl. ARRI (Hrsg.) o.J.(a), o.S.

⁶¹aus: Wikipedia(b) 2007

4.4. Filmtransport – Kassette

Das Filmmaterial wurde bei der ARRIFLEX 35 in so genannten Einraum – Kassetten untergebracht. Diese enthielten eine eingebaute Vor- und Nachwicklung und hatten eine Kapazität von 60m oder 120m Film. An der Seite der Kassette war ein Filmmeterzähler, um die Kontrolle über das noch zur Verfügung stehende Material zu behalten.⁶²

Nach dem Abnehmen des Kassettendeckels wird der Film zuerst mit einer Schablone bis zum 20. Perforationsloch angeschnitten. Danach muss der Film in die Vorwicklung geschoben werden, bis er aus dem linken Filmkanal wieder herauskommt. Dabei müssen die Perforationslöcher in die Zahntrommel eingreifen. Jetzt wird die Filmrolle auf die Halterung in der Kassette gesetzt.⁶³

Um eine korrekte Filmschleifengröße von etwa 54 Perforationslöchern zu erhalten, muss der Filmanfang mit den ersten Perforationslöchern an eine Markierung an der Außenseite der Kassette gezogen werden. Danach wird der Filmanfang, ohne die Schleifengröße zu verändern, in den rechten Filmkanal gesteckt. Auch hier müssen die Perforationslöcher in die Zahntrommel eingreifen. Bevor der Deckel wieder auf die Kassette gesetzt wird, muss der Filmanfang mit einem Spannhebel am Aufwickelkern festgespannt werden.⁶⁴

Die untere Öffnung der Kassette heisst Kassettenmaul. Die Filmschleife die hier herausragt kann durch anbringen eines Filmschlaufenschutzes beim Transport vor möglichen Beschädigungen geschützt werden.

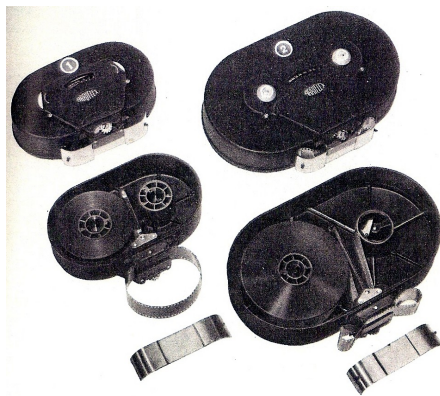


Abb. 8: 60m und 120m Filmkassetten⁶⁵

⁶²vgl. ARRI (Hrsg.) o.J.(a), o.S.

⁶³vgl. ARRI (Hrsg.) o.J.(c), 7 ff.

⁶⁴ebd.

⁶⁵aus: ARRI (Hrsg.) o.J.(b), o.S.

Um die geladene Kassette auf die ARRIFLEX 35 zu setzen, muss zuerst der Lupendeckel, die Abdeckung auf der linken Seite der Kamera, abgenommen werden. Außerdem muss der Greifer zurückgedreht und die Filmtür der Filmlaufbahn und die Kassettenverriegelung geöffnet werden. Danach wird die Filmschleife durch die obere Öffnung der ARRIFLEX 35 geführt und die Kassette auf die Kamera gesetzt. Durch das Antriebs – Zahnrad der Kassette ist diese dann mit der Kamera gekuppelt. Zum Schluss wird die Kassettenverriegelung wieder geschlossen.⁶⁶

Um den Film endgültig für die Filmaufnahme zu fixieren, öffnet man das Bildfenster im Inneren der Kamera und zieht den Greifer zurück. Anschließend wird der Film ins Bildfenster gelegt, dabei muss darauf geachtet werden, dass die Perforationslöcher vom Greifer erfasst werden können.⁶⁷

Nach dem Schließen der Filmtür wird der Filmtransport nochmals durch drehen an einem Rändelknopf überprüft. Als letztes muss der Lupendeckel der Kamera wieder aufgesetzt werden. Die ARRIFLEX 35 ist jetzt aufnahmebereit.⁶⁸

4.5. Filmtransport – Greifer

Das Prinzip des Filmtransports ist recht einfach. Da aber 24 B/s belichtet werden müssen, ist, wie bei allen anderen Kameraelementen auch, höchste Präzision gefordert.

Das Filmmaterial wird kontinuierlich durch die Vorwickelrolle abgerollt und mit der Nachwickelrolle aufgerollt. Die Schleife, die aus dem Kassettenmaul austritt, gibt dem Greifwerk genügend Spielraum beim schrittweisen Filmtransport, damit der Film nicht beschädigt wird.

Bei der ARRIFLEX 35 hat der Greifermechanismus eine zusätzliche Sperrgreiferwirkung. Diese hat die Aufgabe den Film vor der Belichtung in Position zu bringen. Der Greifer ist an der rechten Seite des Bildfensters angeordnet und beschreibt eine so genannte „D – Bewegung“. Nach dem Transport zum nächsten Einzelbild „[...] stoppt der Greiferstift den Film und tritt dann vollkommen horizontal aus der Perforation aus. [...] Durch die konische Stiftform ist jede Filmbewegung während des Greiferaustritts ausgeschaltet, d. h. Der Film kann sich während der Belichtung nicht verschieben.“⁶⁹

In der kurzen Zeit des Stillstand und der gleichzeitigen Belichtung fixiert eine seitlich federnde Andruckschiene den Film. Durch das Zusammenspiel

⁶⁶aus: ARRI (Hrsg.) o.J.(b), o.S.

⁶⁷vgl. ARRI (Hrsg.) o.J.(c), 7 ff.

⁶⁸ebd.

⁶⁹aus. ARRI (Hrsg.) o.J.(b), o.S.

von Sperrgreifer und Andruckschiene kann sich der Film weder horizontal noch vertikal bewegen. Nach der Belichtung wird die Fixierung wieder gelöst und der Greifermechanismus zieht den Film zum nächsten Einzelbild.

Abbildung 9 zeigt den Greifer im Kameragehäuse. Die genaue Bewegung des Greifers verdeutlicht Anlage 2 auf S. 57.

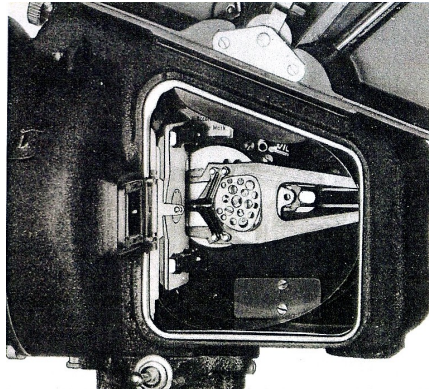


Abb. 9: *Filmtransport - Greifer*⁷⁰

Der komplette Prozess des Ladens der Kassette über das Aufsetzen auf die Kamera bis zur Inbetriebnahme verdeutlicht ein Video der Filmakademie Kelle. Hierbei handelt es sich allerdings um das Nachfolgemodell ARRIFLEX 35 II C, bei der das Wirkungsprinzip aber identisch ist. Das Video ist unter folgender URL⁷¹ abrufbar⁷²:

- <http://www.youtube.com/watch?v=RbisCDXTCz0>

4.6. Motor

Der Motor einer Filmkamera überträgt seine Kraft auf die Spiegelblende und das Greiferwerk. Er ist quasi das Glied in der Kette, das alle Komponenten zusammenführt.

Bei der ARRIFLEX 35 ist der Antriebsmotor im Handgriff untergebracht. Er wird mit 12V Gleichspannung versorgt und hat eine Leistungsaufnahme von 24W. Am unteren Ende des Griffs befindet sich die Widerstandsregulierkappe und der elektrische Anschluss. Mit dem Widerstandsregler kann die Aufnahmegeschwindigkeit zwischen 8 und 30 B/s eingestellt werden. Die Kamera kann sowohl über einen am Griff

⁷⁰aus: ARRI (Hrsg.) o.J.(b), o.S.

⁷¹www.youtube.com 27.01.2010

⁷²Ein weiteres Video zeigt die Herstellung der ARRIFLEX 435:
<http://www.youtube.com/watch?v=reDr1OZ059s>, 27.01.2010

befindlichen Kippschalter, als auch über einen Druckknopf Ein- und Ausgeschaltet werden.⁷³

Neben der Variante des 12V Motor konnte die ARRIFLEX 35 auch mit einem 110V Gleichspannungsmotor geliefert werden. Spätere Modelle erlaubten die Verwendung von unterschiedlichen Motoren. So wurde unter anderem für die ARRIFLEX 35 II B auch Synchronmotoren mit 220V oder 110V Wechselspannung mit Zwischengetriebe und Grundplatte verbaut.⁷⁴

4.7. Stromversorgung

Der 12V Motor der ARRIFLEX 35 wurde mit einem Akkumulator betrieben. Dafür standen 3 verschiedene Modelle zur Verfügung:

- Stahl Akku
- Blei Akku
- Tornister Akku

Die Akkus wurden in einem Umhängekoffer mit eingebauten Kontroll-Voltmeter geliefert. Während des Filmens schnallte der Kameramann den Koffer einfach auf den Rücken. Der Antriebsmotor der ARRIFLEX 35 konnte neben dem Batteriebetrieb „[...] jedoch auch über einen Ladegleichrichter aus einem Wechselstromnetz oder durch Vorschaltung eines entsprechenden Widerstandes aus einem Gleichstromnetz gespeist werden.“⁷⁵

Für die Versorgung des 110V Motors war eine Anodenbatterie vorgesehen oder das Gleichstromnetz mit entsprechendem Vorschaltwiderstand.⁷⁶

Wie oben schon erwähnt, wurden die Akkumulatoren in Batteriekoffern geliefert. Der 15V Stahl Akku war mit 4,5kg der leichteste Umhängekoffer. Dieser Akku Typ konnte vollgeladen zwischen 1200m und 1500m Film durchziehen. Die Pflege des Stahl Akkus war am einfachsten und bedurfte, im Gegensatz zum Blei Akku, bei der Lagerung nicht die nötige Ladung und Entladung des Akkus.

Das Gewicht des 14V Blei Akkus betrug 6,5kg. Vollgeladen zog er 1000m bis 1200m Film durch. Die Wartung dieses Akku Typs ist im Gegensatz zum Stahl Akku aufwendiger. Der Blei Akku musste alle 4 Wochen aufgeladen werden. War er nicht in Benutzung, musste alle 2 bis 3 Monate eine Entladung durchgeführt werden.

⁷³vgl. ARRI (Hrsg.) o.J.(a), o.S.

⁷⁴vgl. ARRI (Hrsg.) o.J.(c), 5 f.

⁷⁵aus: ARRI (Hrsg.) o.J.(a), o.S.

⁷⁶ebd.

Der 7,5kg schwere Tornister Akku enthielt einen 12V Blei Akku, hatte aber die dreifache Kapazität eines solchen. So konnten mit einer Ladung etwa 4000m Film bewegt werden. Die Wartung entsprach der eines normalen Blei Akkus.⁷⁷



Abb. 10: ARRIFLEX 35 mit Tornister – Akku⁷⁸

4.8. Blimp

Da eine Kamera während der Aufnahme so geräuschvoll arbeitet, dass es nicht möglich ist gleichzeitig auch den Ton aufzunehmen, entwickelte ARRI für die nachfolgenden Modelle der ARRIFLEX 35 Schallschutzgehäuse, so genannte Blimps.

Mit dem Modell ARRIFLEX 35 II B konnte so die Handkamera in eine tonfähige Atelierkamera verwandelt werden.

Der Blimp besteht aus einem Leichtmetallgehäuse und ist mit einem schwarzen Schrumpflack überzogen. Das Innere ist mit schalldämpfenden Materialien versehen.⁷⁹

Die Kamera steht im Blimp mit einer Getriebeplatte auf Gummiblöcken. Auf der Getriebeplatte ist ein Wechselstromsynchronmotor montiert. In der Platte befindet sich ein Antriebsmechanismus, „[...] der den Motor direkt mit der Hauptantriebswelle der Kamera verbindet.“⁸⁰

Die Kamera bleibt auch im Blimp voll funktionsfähig. Das optische Suchersystem wird mit dem Blimp verbunden. Die Schärfeneinstellung kann von außen mittels Drehknöpfen vorgenommen werden. „Der Antrieb geht von diesen Drehknöpfen über Zahnräder auf einen Daumen, der in die Schärfenflügel des Aufnahmeobjektivs eingreift.“⁸¹

⁷⁷vgl. ARRI (Hrsg.) o.J.(a), o.S.

⁷⁸aus: ARRI (Hrsg.) o.J.(a), o.S.

⁷⁹vgl. ARRI (Hrsg.) o.J.(b), o.S.

⁸⁰aus: ARRI (Hrsg.) o.J.(b), o.S.

⁸¹ebd.

Kontrollfenster ermöglichen das Ablesen der Schärfenskala des jeweiligen Aufnahmeobjektivs, der Blendenskala, des Meterzählwerks und des Tachometers.

Neben dem Blimp, wurden im Laufe der Jahre auch selbstgeblimte Kameramodelle entwickelt. Das bedeutet, dass das Kameragehäuse an sich schon der Blimp ist und nicht erst noch ein weiteres Gehäuse um die Kamera montiert werden muss.

Die ARRIFLEX 35 war die erste Spiegelreflexkamera der Firma ARRI und der Grundstein für eine sehr erfolgreiche Kamerareihe. Seit ihrer Markteinführung wurde sie stetig verbessert und hat deswegen einige Nachfolgemodelle.

Heute ist eine Filmkamera „[...] eine sehr aufwändige Kombination aus hochpräziser Mechanik und ausgefeilter Elektronik [...]“⁸²

Alle Verbesserungen und Weiterentwicklungen gegenüber der ersten ARRIFLEX zu nennen und zu erklären, würde den Rahmen dieser Arbeit deutlich sprengen. Trotzdem soll im folgenden die nächste Generation der Filmkameras vorgestellt und an ausgewählten Punkten näher erläutert werden. Hierbei handelt es sich um eine digitale Filmkamera, die sowohl Gemeinsamkeiten als auch Unterschiede zu den bis dato üblichen Filmkameras aufweist.

⁸²aus: Schmidt 2008, 59

5. ARRIFLEX D-21

Das Prinzip der digitalen Filmkamera ARRIFLEX D-21 bleibt gegenüber einer analogen Filmkamera gleich. Die Spiegelblende lässt abwechselnd das Licht zur Filmebene durch oder leitet es in den optischen Sucher, durch den das Bild auch bei ausgeschalteter Kamera betrachtet werden kann.

Das Hauptmerkmal der digitalen Filmkamera ist, dass anstelle des Mediums Film ein Sensor verwendet wird um die Einzelbilder aufzunehmen. Filmspule und Transportmechanismus fallen somit weg. Die Bilddaten werden via HD-SDI oder Dual Link HD-SDI Schnittstelle an einen Recorder weitergegeben. Zusätzlich können die Daten auch im so genannten RAW Modus ausgegeben werden.

Die nächsten Abschnitte nennen und erklären die wichtigsten Komponenten der ARRIFLEX D-21. Wie auch schon in den vorangegangenen Kapiteln werden auch hier Fakten mit einbezogen, die zum Grundverständnis nötig sind.

5.1. Objektiv, Spiegelblende, optischer Sucher

Die ARRIFLEX D-21 ist mit allen Objektiven kompatibel, die den üblichen Standard Anschluss PL Mount besitzen. Dadurch steht dem Filmemacher eine große Auswahl an Objektiven zur Verfügung, die auch bei normalen 35mm Filmkameras verwendet werden. Ein weiterer Vorteil ist, dass vorhandene Objektive nicht gegen Neue ausgetauscht werden müssen. Außerdem bietet die ARRIFLEX D-21 vollste Kompatibilität mit dem gängigen Zubehör für 35mm ARRI Filmkameras, wie zum Beispiel Kompendien, Stativen und ähnlichem.

Auch bei der D-21 bleibt ARRI dem Prinzip einer rotierenden Spiegelreflexblende treu und damit auch dem optischen Sucher. Die Bauweise unterscheidet sich nicht gegenüber der analogen Filmkameras wie z.B. bei der ARRIFLEX 435 Xtreme.

Der Vorteil eines optischen- gegenüber eines elektronischen Suchers ist ein verzögerungsfreies Bild auch bei ausgeschalteter Kamera. Außerdem kann im Sucher ein größeres Bild abgebildet werden als bei elektronischen Suchern. So können störende Elemente am Bildrand schneller identifiziert werden.

Der Sucher der D-21 kann in verschiedene Positionen links und rechts von der Kamera gebracht werden.

5.2. Die Sensor Technologie

Anstelle des Filmkanals mit dem durchgeführten Film in der Filmebene, befindet sich bei digitalen Filmkameras ein so genannter Bildwandler in der Filmebene. Dieser besteht entweder aus 3 Sensoren oder aus nur einem einzelnen. Es wird zwischen 2 Typen unterschieden:

- CCD (Charge Coupled Device)
- CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor)

Das Prinzip der Bildwandlung ist identisch. Auf dem Sensor sind Fotodioden in einer Matrix angeordnet. Diese werden durch eintreffendes Licht elektrisch aufgeladen. Bei CMOS Sensoren wird die elektrische Ladung in Spannung umgewandelt und dann an einen Analog/Digital Wandler weitergeleitet. Bei CCD Sensoren wird die elektrische Ladung vor der Umwandlung in Spannung noch in ein Horizontal Register verschoben.

Bildwandler mit 3 Sensoren teilen das Licht mit Hilfe eines Strahlteilers in seine Spektralanteile. Jeweils ein Sensor für rot, grün und blau nimmt die Anteile dann auf. Somit kann dann später aus den einzelnen Helligkeiten die korrekte Farbwiedergabe entstehen.

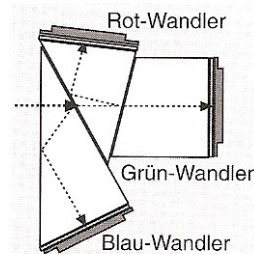


Abb. 11: *Strahlteiler*⁸³

Bildwandler mit nur einem Sensor benutzen die so genannte Bayer-Matrix um die Farbwiedergabe zu realisieren. Dabei ist jeder Fotodiode auf dem Sensor entweder ein Rot-, Grün- oder Blaufilter in einem bestimmten Muster zugeordnet. Insgesamt beträgt der Anteil 25% blau, 25% rot und 50% grün.

Damit aus den einzelnen Informationen ein Farbbild entsteht, muss in einem Bildverarbeitungsprozess, auch De-Bayering genannt, für jeden Bildpunkt die Informationen der Nachbarpunkte mit einbezogen werden.

⁸³aus: Schmidt 2008, 127

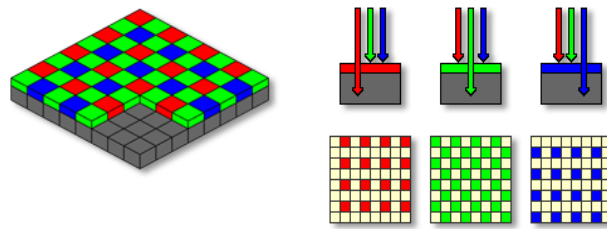


Abb. 12: Bayer Matrix⁸⁴

5.3. CCD Sensor

Ein wichtiger Unterschied zwischen CCD- und CMOS Sensoren ist die Art, wie die Bildinformationen ausgelesen werden. Für die CCD Technologie gibt es dafür 3 Verfahren:

- Interline Transfer (IT)
- Frame Transfer (FT)
- Frame Interline Transfer (FIT)

Der Auslesevorgang bei CCD Sensoren ist relativ unflexibel, da die Fotodioden nicht einzeln adressiert werden können. Alle 3 Verfahren funktionieren nach dem Eimerkettenprinzip.

Jede einzelne Zeile des Sensors wird nacheinander in ein Horizontal Register verschoben. In dem Register werden die Informationen der Bildpunkte nacheinander zum Rand transportiert und dabei ausgelesen. Danach verschiebt sich die nächste Zeile in das Register, bis alle Zeilen ausgelesen sind.

Beim Interline Transfer sind neben den Sensorzellen noch in vertikalen Spalten Transportzellen angeordnet. Die Informationen der Sensorzellen werden in die Transportzellen weitergeleitet und dort während der Neubelichtung der Sensorzellen wie oben beschrieben ausgelesen. Dieses Verfahren ist fehleranfällig und wird deswegen nur bei preiswerten Kameras angewendet.

Das Verfahren des Frame Transfers sieht eine Trennung in einen Sensorbereich und in einen lichtdichten Speicherbereich vor. In einer vertikalen Austastlücke werden die Ladungen nach unten in den Speicherbereich transportiert und anschliessend ausgelesen.

⁸⁴aus: Digital Photography Review(b) 2010

Der Frame Interline Transfer ist eine Kombination aus den beiden anderen Verfahren. Zuerst erfolgt der Transport der Informationen in die benachbarten Transportzellen und von dort in den Speicherbereich, wo das Auslesen stattfindet. Anlagen 3 - 6 ab S. 58 verdeutlichen nochmals die Auslesevorgänge bei CCD Sensoren.

5.4. CMOS Sensor

Der CMOS Sensor beruht auf dem Prinzip des Active Pixel Sensor (APS). Jedes Bildelement auf dem Sensor besteht aus einer Fotodiode und einer Ausleseelektronik. Das ermöglicht es, die elektrische Ladung direkt im Bildelement in Spannung umzuwandeln. Anschließend wird das elektrische Abbild der Reihe nach zum Analogprozessor weitergeleitet. Somit ist der große Vorteil eines CMOS Sensors, dass jedes Bildelement einzeln angesprochen und ausgelesen werden kann. Dadurch kann sich auch der Effekt des Windowing zu Nutze gemacht werden. Unter Windowing versteht man das Auslesen von nur einem bestimmten Teil des Sensors. Durch weniger zu verarbeitende Informationen kann die Bildwiederholrate so erhöht werden.⁸⁵

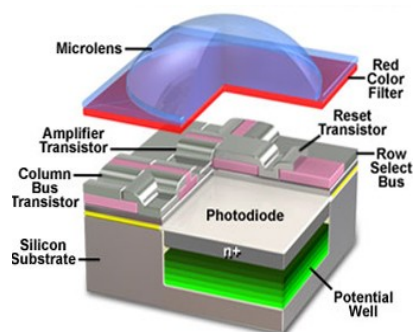


Abb. 13: Active Pixel Sensor⁸⁶

5.5. Analog/Digital Wandler

Um die Bildinformationen zu digitalisieren, wird das analoge Signal im Analog/Digital Wandler in einen digitalen Wert umgewandelt.

Dem analogen Signal eines Bildelementes werden in regelmäßigen Abständen Samples entnommen. Je nachdem wie stark sich die Fotodiode aufgeladen hat, wird ein entsprechender Zahlenwert zugeordnet. Dadurch erfolgt eine zeitliche Diskretion des analogen Signals⁸⁷.

⁸⁵vgl. Molecular Expressions 2009

⁸⁶aus: Molecular Expressions 2009

⁸⁷Diskretheit: räumliche oder zeitliche Trennung von Objekten oder Ereignissen, aus: Wikipedia(c) 2009

Als nächstes werden die abgetasteten Werte quantisiert. Die Qualität des Signals hängt dabei stark von der Anzahl der Quantisierungsstufen ab. Eine Auflösung von 8bit ergibt 256 Stufen und reicht aus, um die Darstellung auf einem Videomonitor zu realisieren. Je mehr Quantisierungsstufen, desto höher ist die Farbtiefe. Eine Auflösung von 12bit entspricht zum Beispiel $2^{12}=4096$ Stufen, was der Erfassung eines großen Kontrastbereichs bedeutet.

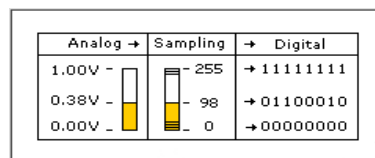


Abb. 14: *Prinzip der Analog/Digital Wandlung*⁸⁸

5.6. Zwischenfazit

CCD Sensoren waren der Standard für Videokameras im Consumer Bereich und in der Studioteknik. Hoch aufgelöste Bilder verursachen aber auch eine hohe Datenrate. Die unflexible und komplexe Auslesestruktur der CCD Sensoren wird auf lange Sicht nicht mehr mithalten können.⁸⁹

Die CMOS Technologie entwickelte sich in den letzten Jahren immer weiter und kommt heute in vielen digitalen Kameras zum Einsatz. So zum Beispiel auch bei der direkten Konkurrentin der ARRIFLEX D-21, bei der RED ONE von der Firma RED.

Die Vorteile der CMOS Technologie sind:⁹⁰

- paralleles Auslesen der Bildelemente
- geringerer Stromverbrauch
- Verwendung von sehr kleinen Strukturen möglich
- preiswertere Herstellung

5.7. Die Merkmale der ARRIFLEX D-21

5.7.1. Aufnahmeformate

Der Sensor der ARRIFLEX D-21 ist ein CMOS Sensor im 4:3 Format. Er hat eine aktive Fläche von 23,76mm x 17,82mm mit 2880 x 2160 Bildpunkten. Der Sensor entspricht also 3K. Diese übliche Bezeichnung

⁸⁸aus: Digital Photography Review(a) 2010

⁸⁹vgl. Bloss 2004, 124

⁹⁰ebd.

leitet sich von der gerundeten Anzahl der horizontalen Bildpunkte ab und soll die Größeneinordnung vereinfachen.

Die Tatsache, dass der Sensor die gleichen Maße wie ein 35mm Filmbild hat, ermöglicht das gleiche Schärfentiefeverhalten eines herkömmlichen 35mm Films. Ein wichtiger Punkt für die Akzeptanz einer digitalen Filmkamera. Die D-21 kann sowohl für das Format 4:3 als auch für 16:9 genutzt werden. Entscheidend dafür sind die Anforderungen.

16:9 ist das Standardbildseitenverhältnis für HD mit 1080 oder 720 Zeilen für ein aktives Bild. Dabei werden bei der D-21 nach einem down sampling Prozess mit dem Faktor 1,5, von den für die Aufnahme in 16:9 zur Verfügung stehenden 2880 x 1620 Bildpunkten, 1920 x 1080 wiedergegeben.

4:3 wird bei der ARRIFLEX D-21 hauptsächlich dafür genutzt, um ein anamorphotisches Bild zu erzeugen. Dafür muss ein Objektiv mit anamorpher Linse verwendet werden. Gleichzeitig wird die volle Größe des 4:3 Sensors ausgenutzt. ARRI hat sich das Verfahren der Bildstauchung bei einer digitalen Filmkamera unter dem Namen Mscope patentieren lassen.⁹¹ Das aus dem gestauchten Bild resultierende Breitbild hat ein Bildseitenverhältnis von 2,40:1 mit 1920 x 800 Bildpunkten.

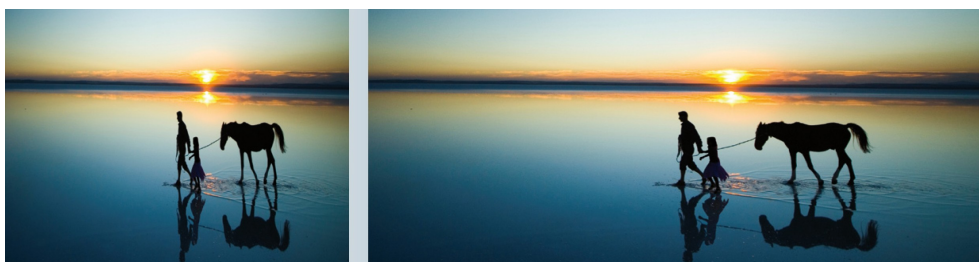


Abb. 15: *anamorphe Darstellung und Breitbild*⁹²

Zusätzlich bietet die ARRIFLEX D-21 die Möglichkeit, die Bildinformationen als RAW Daten im so genannten ARRIRAW abzuspeichern. Sowohl 16:9 mit 2880 x 1620 Bildpunkten als auch 4:3 mit 2880 x 2160 Bildpunkten ist realisierbar.

Ein großer Vorteil dieser Variante ist die Anwendung im Postproduktionsbereich, speziell für die Bildnachbearbeitung. Allerdings muss der zur Aufzeichnung verwendete Recorder die von ARRI entwickelte Schnittstelle T-Link unterstützen.

⁹¹ vgl. ARRI(Hrsg.) 2009(b), 12

⁹² aus: ARRI(Hrsg.) 2009(b), 12

5.7.2. Ausgabeformate

Aus den verschiedenen Aufnahme Optionen resultieren natürlich auch verschiedene Output Möglichkeiten. Stichworte hierfür sind 4:2:2 YCbCr, 4:4:4 RGB, HD-SDI, dual link HD-SDI und dual stream HD-SDI. Grundsätzlich gilt, dass die Bildinformationen entweder als Komponentensignal oder als RGB Farbsignal via HD-SDI an einen entsprechenden Recorder ausgegeben werden.

YCbCr wird als digitales Komponentensignal bezeichnet und besteht aus einem Helligkeitssignal Y und zwei Farbdifferenzsignalen Cb und Cr. Y überträgt die reinen Helligkeitsinformationen. Aus dem RGB Signal entstehen die Farbinformationen durch Subtraktion des Y Signals vom Blau Signal für Cb bzw. vom Rot Signal für Cr.⁹³

4:2:2 beschreibt das Abtastverhältnis von Helligkeitssignal zu Farbdifferenzsignalen. Das bedeutet, dass pro 4 Helligkeitssignalen 2 vollwertige Farbwerte abgetastet werden. Die Abtastfrequenz beträgt für den ersten Kanal 74,25 Mhz. Der zweite und dritte Kanal werden mit jeweils 37,125 Mhz abgetastet.

4:4:4 ist das Abtastverhältnis für das RGB Signal. Da hier 3 gleichwertige Kanäle mit je einer Information für rot, grün oder blau übertragen werden, müssen auch alle 3 Kanäle gleich abgetastet werden und zwar mit 74,25 Mhz. Anlage 7 auf S. 62 ist zum Verständnis der Problematik nützlich.

Das RGB Signal bietet gegenüber dem YCbCr Signal eine größere Qualität, insbesondere für die Postproduktion, benötigt aber gleichzeitig auch mehr Bandbreite und Speicherplatz bei der Übertragung.⁹⁴

High Definition Serial Digital Interface, kurz HD-SDI, erlaubt die Übertragung der digitalen HD Signale mit einer Datenrate von bis zu 1,485 GBit/s mit 10 bit pro Kanal. Zum Vergleich: Für die Übertragung von digitalen SD Signalen via SDI Schnittstelle stehen 270 MBit/s zur Verfügung. Als Leitung wird meistens ein Koaxialkabel mit einer Impedanz von 75Ω und eine BNC Steckverbindung benutzt.⁹⁵

Die Übertragung von Daten im Mscope Format wird mit dual stream HD-SDI realisiert. Dafür werden die Bildinformationen auf 2 HD-SDI Schnittstellen aufgeteilt. Eine Schnittstelle überträgt die geraden Zeilen, die Andere die ungeraden. Später werden die Informationen wieder zusammen geführt.⁹⁶

⁹³vgl. ARRI(Hrsg.) 2009(a), 9

⁹⁴ebd.

⁹⁵vgl. Schmidt 2008, 118 f.

⁹⁶vgl. ARRI(Hrsg.) 2009(b), 13

Wenn statt des Komponentensignals ein RGB Signal übertragen wird, erhöht sich auch die Datenrate. Mit der Schnittstelle dual link HD-SDI stehen 2,970 GBit/s zur Verfügung. Allerdings müssen auch Einbußen bei der Leitungslänge hingenommen werden. Leitungslängen Unterschiede gibt es schon zwischen SDI und HD-SDI. Bei dual link HD-SDI werden die Leitungen aber nochmals kürzer.⁹⁷

Die Speicherung der Daten erfolgt entweder auf Band oder Festplatte. Für die Speicherung auf Band wird das HD MAZ Format HDCAM SR verwendet. Werden die Daten auf einer Festplatte abgelegt, kommt ein Festplattenspeichernetzwerk, die korrekte Bezeichnung wäre Storage Area Network (SAN), zum Einsatz. Beide Varianten benötigen Recorder, die die passende Schnittstelle unterstützen.

Als letztes wichtiges Merkmal gilt zu erwähnen, dass die ARRIFLEX D-21 modular aufgebaut ist, d.h. die Kamera kann an technische Weiterentwicklungen angepasst werden. So ist es Möglich den Sensor und, falls sich auch die Ausgabeformate ändern, das Schnittstellenmodul auszutauschen. Ein klarer Beweis für die Zukunftsfähigkeit der D-21.

Den kompletten Überblick über die Daten der ARRIFLEX D-21 gibt Anlage 8 ab S. 63.

⁹⁷vgl. Schmidt 2008, 118 f.

6. Vergleich Analog - Digital

Die Digitaltechnik hat heutzutage in vielen Bereichen Einzug gehalten und ist demnach nicht mehr wegzudenken.

Ob nun Computer, digitale Fernsehübertragung oder Fotografie, um nur einige zu nennen, der Mensch ist von digitalen Produkten umgeben und hat diese bereitwillig angenommen.

Die Schallplatte wurde durch die CD ersetzt und gerade soll das Buch von seinem elektronischen Pendant abgelöst werden. Nur in der Filmbranche erfolgt die Umstellung von Analog auf Digital nicht so selbstverständlich. Einzig die Postproduktion wird fast ausschließlich digital abgewickelt. Am Anfang steht jedoch die Aufnahme mit dem Medium Film. Und dieser wird von vielen Filmemachern bevorzugt.

Auch heute noch werden die Filmemulsionen weiterentwickelt, so dass es keineswegs zu einem Stillstand im Analogen Bereich kommt. Gleichzeitig schreitet die Digitaltechnik aber auch immer weiter voran und ist in den letzten Jahren zu einer ernsthaften Konkurrenz für das Medium Film geworden.

Es wurden viele Diskussionen darüber geführt, welches Verfahren in Zukunft das dominierende sein werde. Der komplette Umstieg auf die digitale Produktion verläuft eher zögerlich. Im folgenden werden die Wirtschaftlichkeit und die Qualität von analoger und digitaler Produktion zum jetzigen Zeitpunkt näher betrachtet.

6.1. Wirtschaftlichkeit

Bei einer Filmproduktion ist es üblich, die benötigten Geräte zu mieten. Es besteht zwar prinzipiell die Möglichkeit die Kameras auch zu kaufen, bleibt aber an dieser Stelle außen vor.

Für die Betrachtung hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit werden die Filmkamera ARRIFLEX 435Xtreme und die digitale Filmkamera ARRIFLEX D-21 verwendet.

Die D-21 kann in verschiedenen Ausführungen gemietet werden, in diesem Beispiel zusammen mit dem HD Recorder Sony SRW-1. Dafür ist es in dieser Konfiguration nicht möglich RAW Aufnahmen zu machen. Die Miete pro Tag beträgt 2100€. ⁹⁸ Außerdem wird davon ausgegangen, dass die Crew im Umgang mit digitalen Filmkameras vertraut ist und dadurch ein extra Techniker wegfällt.

⁹⁸vgl. FGV Schmidle 2010

Für die ARRIFLEX 435 Xtreme werden pro Tag 750€ veranschlagt. Hinzu kommen 3 Kassetten à 300m, um eine fortlaufende Produktion zu ermöglichen. Eine Kassette kostet 130€. Objektive und Zubehör können für beide Kamertypen verwendet werden und entfallen somit der Rechnung.⁹⁹

	ARRIFLEX D-21	ARRIFLEX 435Xtreme
Miete	2100€	750€
Zubehör	-	3 x 130€
Gesamt	2100€	1140€

Tbl. 3: Kameramiete

Als nächstes werden die Materialkosten betrachtet. Grundsätzlich wird davon ausgegangen, dass pro Tag 120 Minuten gedrehtes Material entsteht.

Mit der ARRIFLEX D-21 wird in der gewählten Konfiguration auf HDCAM SR aufgenommen. Besser wäre es natürlich unkomprimiert im RAW Modus aufzunehmen, doch dies würde höhere Miet- und Materialpreise nach sich ziehen. In diesem Beispiel wird sich darauf beschränkt auf HDCAM SR aufzunehmen. Ein Band mit 33 Minuten Länge kostet 70,80€.¹⁰⁰ Für 120 Minuten werden also 4 Bänder für zusammen 283,20€ benötigt.

Im Bereich der Aufnahme auf Film dient das Filmmaterial KODAK VISION3 als Grundlage. Der Meterpreis beträgt 2,81€.¹⁰¹

Eine Minute Film mit 24 B/s verbraucht 27,36m Film.¹⁰² Bei einem Aufnahmevolumen von 120 Minuten ergeben sich daraus 3283,2m. Das würde bedeuten, dass jeden Tag 11 Rollen mit jeweils 300m benötigt würden. Hinzu kommen noch die Kosten für die Entwicklung des Negativfilms mit 0,80€ pro Meter und die Abtastung für den Offline Schnitt mit 11,80€ pro Minute¹⁰³.

Diese Berechnungen basieren auf der Verwendung im 4-Perforations Format. Die Fläche des Filmstreifens kann durch das 3-Perforations Format besser ausgenutzt werden. So lassen sich bei einer Produktion 33% mehr Material gewinnen, was sich in einer Kostenersparnis von 25% niederschlägt.¹⁰⁴

⁹⁹vgl. FGV Schmidle 2010

¹⁰⁰vgl. Wellen+Noethen 2010

¹⁰¹vgl. Schlepple 2010

¹⁰²siehe Kapitel 3

¹⁰³Vgl. CinePostproduction 2010

¹⁰⁴vgl. ARRI(Hrsg.) 2004, 4

Eine 300m Rolle Film kann im 3-Perforations Format ca. 15 Minuten aufnehmen, im 4-Perforations Format sind es nur ca. 11 Minuten¹⁰⁵.

Dadurch werden beim 3-Perforations Format für 120 Minuten nur rund 2400m Film benötigt, was 8 Rollen entspricht. Tatsächlich werden dann aber etwas weniger als 120 Minuten zur Verfügung stehen.

Die ARRIFLEX 435Xtreme ist in der Lage im 3-Perforations- oder im 4-Perforations Format zu arbeiten.

	ARRIFLEX D-21	ARRIFLEX 435Xtreme 4-Perf.	ARRIFLEX 435Xtreme 3-Perf.
Material	4 x 70,80€	11 x 843€	8 x 843€
Entwicklung		3283,2m x 0,80€	2400m x 0,80€
Abtastung		120min x 11,80€	120min x 11,80€
Gesamt	283,20€	13315,56€	10080€

Tbl. 4: Materialkosten Analog/Digital

6.1.1. Gesamtkosten

Die Gesamtkosten zeigen deutlich, dass eine Produktion mit der ARRIFLEX D-21 am effizientesten ist. Die Kosten mit einer Aufnahme im 3-Perforations Format können gegenüber einer Aufnahme im 4-Perforations Format zwar noch mal gesenkt werden, reichen aber keinesfalls an die digitale Produktion heran.¹⁰⁶

	ARRIFLEX D-21	ARRIFLEX 435Xtreme 4-Perf.	ARRIFLEX 435Xtreme 3-Perf.
Miete	2100€	1140€	1140€
Material	283,20€	13315,56€	10080€
Gesamt	2383,20€	14455,56€	11220€

Tbl. 5: Gesamtkosten Analog/Digital

Es gilt aber auch zu beachten, dass bei einer digitalen Produktion eventuell ganz andere Aufnahmesituationen zu Stande kommen können. Ein Stichwort wäre z.B. sich verändernde Lichtverhältnisse: „Können solche schwierigen Einstellungen mit gutem Ergebnis auf Negativfilm aufgenommen werden, so bedarf es bei der elektronischen Aufzeichnung möglicherweise eines erheblichen Zeitaufwandes bei der Beleuchtung.“¹⁰⁷

¹⁰⁵vgl. ARRI(Hrsg.) 2004, 4

¹⁰⁶siehe auch: Stalla 2007, 83

¹⁰⁷aus: Kraus 2004, 74

Es würden also Kosten entstehen, die im Beispiel oben gar nicht berücksichtigt wurden. Dennoch ist der Vergleich der fixen Kosten recht eindeutig und zeigt den Vorteil einer digitalen Produktion.

6.2. Bildqualität

Die Gewichtung bei den Produktionskosten ist recht eindeutig. Wie ist aber die Qualität der beiden Aufnahmemöglichkeiten hinsichtlich Auflösung und Look zu beurteilen?

6.2.1. Auflösung

Die Auflösung bestimmt die Schärfe des Films. Am besten kann man das Auflösungsvermögen des Filmmaterials anhand der Modulationstransferfunktion, kurz MTF, bestimmen.¹⁰⁸

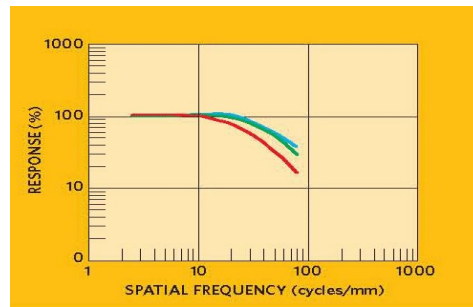


Abb. 16: Modulationstransferfunktion Kodak Vision3 500T¹⁰⁹

Die X-Achse gibt die Anzahl der Sinuswellen pro Millimeter an, die aufgelöst werden können. Die Y-Achse entspricht der Kontrastwiedergabe in Prozent.¹¹⁰ Zur Berechnung der Auflösung werden die Linienpaare pro Millimeter bei 50% Kontrastwiedergabe verwendet¹¹¹. Allgemein gilt, je länger und flacher die Linien sind, desto schärfer ist der Film. Zur endgültigen Berechnung der Auflösung für 35mm Filmmaterial wird folgende Formel benötigt¹¹²:

$$2 \times \text{Bildfeldbreite mm} \times \text{Linienpaare/mm} \times 2 = \text{horizontale Bildpunkte}$$

¹⁰⁸ vgl. Stalla 2007, 28

¹⁰⁹ aus: Kodak(Hrsg.) 27.01.2010

¹¹⁰ vgl. Kodak(Hrsg.) 2007, 2

¹¹¹ vgl. Stalla 2007, 29

¹¹² aus: Stalla 2007, 35

Um die Anzahl der vertikalen Bildpunkte zu erhalten, müssen die horizontalen Bildpunkte dann noch, für ein Bildseitenverhältnis von 4:3, durch 1,33 geteilt werden.

Das unter Wirtschaftlichkeit schon erwähnte Filmmaterial KODAK VISION3 dient auch hier als Beispiel. Die korrekte Bezeichnung des für Kunstlicht geeignete Material lautet: KODAK VISION3 500T Color Negative Film 5219.

Im blauen Spektralbereich des MTF zeigt der Film bei 50% Kontrastwiedergabe 70 Linienpaare pro Millimeter¹¹³. Daraus ergibt sich:

$$2 \times 24,89\text{mm} \times 70 \text{ lp/mm} \times 2 = 6969,2 \text{ horizontale Bildpunkte}$$

$$6969,2 : 1,33 = 5240 \text{ vertikale Bildpunkte}$$

Mit 6969 x 5240 Bildpunkten entspricht es also einer Auflösung von 7K. Das Material KODAK VISION3 250D Color Negative Film 5207 für Tageslicht hat im blauen Spektralbereich bei 50% Kontrastwiedergabe ca. 65 Linienpaare pro Millimeter¹¹⁴. Daraus ergibt sich eine Auflösung von 6471 x 4866 Bildpunkten bzw. 6,5K.

Der Sensor der ARRIFLEX D-21 hat bekanntlich eine Größe von 2880 x 2160 Bildpunkten im Format 4:3. Er entspricht also einem 3K Sensor. Bei einer Aufnahme in 16:9 stehen nach dem down sampling Prozess noch 1929 x 1080 Bildpunkte bzw. 2K zur Verfügung.

An dieser Stelle wird deutlich, dass Film bis zum jetzigen Zeitpunkt ein weitaus größeres Auflösungsvermögen hat. Relativierend muss hinzugefügt werden, dass sich das Auflösungsvermögen bei Film durch Kopierprozesse verringern kann¹¹⁵.

6.2.2. Look

Um die Bildanmutung zu beurteilen wird in Filmlook und Elektroniklook unterschieden¹¹⁶. Die Unterschiede im Look sind diejenigen, „[...] die bei gleicher technischer Bildqualität noch wahrnehmbar bleiben.“¹¹⁷ Die Bewertung des Looks wird beeinflusst durch die subjektive Wahrnehmung und durch Sehgewohnheiten¹¹⁸.

¹¹³ siehe Abb. 16

¹¹⁴ vgl. Kodak(Hrsg.) 2009, 2

¹¹⁵ vgl. Stalla 2007, 36

¹¹⁶ vgl. Slansky 2004, 93 ff.

¹¹⁷ aus: Slansky 2004, 95

¹¹⁸ vgl. Slansky 2004, 96

Einige Beispiele für den Filmlook sind geringe Schärfentiefe, Kornrauschen, Bildstandsfehler und Kratzer und Staub auf dem Film¹¹⁹.

Durch den großen Sensor der ARRIFLEX D-21 und die Verwendung von den selben Objektiven ist es machbar, die gleiche Schärfentiefe zu erreichen.

Offensichtliche Fehler wie Kratzer, Staub und Bildstandsfehler werden versucht in der Praxis zu vermeiden. Dies gelingt jedoch nicht immer. Gleichzeitig machen diese Fehler aber auch den Filmlook aus. So werden bei digitalen Filmen manchmal die Fehler in der Postproduktion hinzugefügt, um einen Filmlook zu erzielen.¹²⁰

Gut wahrnehmbar ist das Kornrauschen bzw. das elektronische Bildrauschen. Die Körner sind von Bild zu Bild statistisch unregelmäßig verteilt und kommen bei großen Flächen besonders zur Geltung¹²¹.

Die Matrix des Sensors einer digitalen Filmkamera bleibt hingegen konstant. Hier entstehen durch Unterschiede in der Konturenabbildung Aliaseffekte¹²². Der Sensor kann in sehr dunklen Bereichen Objekte nicht mehr klar voneinander trennen und es kommt zum Rauschen.

Insgesamt gibt es noch eine ganze Reihe mehr Faktoren, die die Bildanmutung beeinflussen. Allerdings wird an dieser Stelle darauf verzichtet sie zu nennen, denn die Frage, welchen Look ein Film haben soll, kann nicht vollständig beantwortet werden. Am Ende bleibt es eine subjektive Einschätzung. Genauso gut könnte darüber diskutiert werden, ob es nicht besser wäre, älteres Filmmaterial zu verwenden, das weniger Auflösung bietet.

Kurzfristig wird das analoge Filmmaterial der digitalen Filmproduktion überlegen bleiben. Durch stetige Verbesserung kann aber langfristig gesehen Digital in der Filmbranche zum Standard werden. Schon heute ist es bei beiden Verfahren üblich, dass die Postproduktion digital im Digital Intermediate stattfindet. Außerdem ist eine Produktion in 2K zumindest für TV Spielfilme völlig ausreichend.

„Durchsetzen werden sich diejenigen Verfahren und Werkzeuge, die von kreativen Menschen verstanden und eingesetzt werden können, und die die Umsetzung von Ideen erstmalig ermöglichen oder vereinfachen, beschleunigen oder verbilligen.“¹²³

Mit einem ironischen Blick auf die Diskussion reagierte ARRI in Zusammenarbeit mit der National Film And Television School aus England. Dafür wurden mit Studenten der Filmhochschule 3 Kurzfilme realisiert.

¹¹⁹ vgl. Bloss 2004, 139 f.

¹²⁰ vgl. Bloss 2004, 140

¹²¹ siehe Kapitel 3

¹²² vgl. Slansky 2004, 99

¹²³ aus: Kraus 2004, 91

Thema ist ein Ehepaar, das unterschiedlicher nicht sein könnte. Mr. Pixel kommt aus einer digitalen Familie, während Mrs. Grain aus einer traditionsreichen analogen Familie stammt. Die beiden versuchen ihre Probleme in einer Paartherapie zu lösen. Die Aufnahmen entstanden sowohl mit analoger als auch mit digitaler Technik. Zum Einsatz kamen die ARRIFLEX D-21, ARRIFLEX 235 und die ARRIFLEX 416.¹²⁴

Die sehenswerten Filme sind bei Youtube unter folgenden URLs abrufbar¹²⁵:

Folge 1

- <http://www.youtube.com/watch?v=VEg07bA1gzs>

Folge 2

- <http://www.youtube.com/watch?v=xM4xH-jZ1NU>

Folge 3

- <http://www.youtube.com/watch?v=M4c3lwyYyxo>

¹²⁴vgl. Klingspon 2009, 4 ff.

¹²⁵www.youtube.com, 27.01.2010

Fazit

ARRI hatte es erstmal geschafft eine Kamera zu entwickeln, die sich das Spiegelreflexsystem zu Nutzen machte und dabei verhältnismäßig leicht und kompakt war.

Die ARRIFLEX 35 war das erste Modell einer Reihe, die stetig verbessert und an die wachsenden Bedürfnisse der Filmindustrie angepasst wurde. In der über 90 jährigen Firmengeschichte ist es gelungen, Produkte, auch für andere wichtige Filmbereiche, zu entwickeln, die großen Einfluss auf die gesamte Filmindustrie hatten und noch haben.

Mit der Herstellung einer digitalen Filmkamera zeigt ARRI, dass sich trotz des traditionsreichen Hintergrunds auch mit neuen Entwicklungen und Technologien beschäftigt wird. Mit dem Ziel, Produzenten, Regisseure und Kameramänner Werkzeuge zur Verfügung zu stellen, die genau auf ihre Bedürfnisse zugeschnitten sind.

Die vorliegende Arbeit macht deutlich, mit welcher Präzision die beiden Kameras entwickelt und hergestellt wurden. Besonders hervorzuheben wäre da die Spiegelblende und der optische Sucher, das Greifwerk und auf der Seite der D-21 der große Sensor.

Mit den Nachfolgemodellen der ARRIFLEX 35 kann aber auch gezeigt werden, dass sie in vielen Bereichen verbessert werden konnte bzw. musste. Ähnlich verhält es sich mit der ARRIFLEX D-21.

Obwohl diese Kamera schon ein Nachfolgemodell ist, muss sie trotzdem weiterhin verbessert werden. Ein Stichpunkt wäre dafür die Bildqualität, wie Kapitel 6.2 zeigt.

Hier wäre auch der Ansatzpunkt für weitere Untersuchungen. Ist der Vorteil bei der Wirtschaftlichkeit ein ernst zu nehmendes Kriterium, um auf digitale Produktion umzusteigen? Oder sollte Auflösung und Filmlook das alles bestimmende Kriterium sein? Welche Rolle spielt dabei der Kinobesucher und der Fernsehzuschauer? Möchte er seine Sehgewohnheiten ändern, oder hat er es bereits getan?

Diese Arbeit kann als Einstieg herangezogen werden, um sich tiefergehend mit einzelnen Bereichen zu befassen. Einerseits, was die Technik der Filmkamera angeht und Andererseits, was die Ökonomie und die Ästhetik des Films betrifft.

Literaturverzeichnis

Bücher

- Bock, Hans Michael (Hrsg.): CineGraph. Lexikon zum deutschsprachigen Film. München o.J.
- Jaklitsch, Walter: Handbuch der Laufbildfotografie. Wien 2004
- Monaco, James: Film verstehen. Kunst, Technik, Sprache, Geschichte und Theorie des Films und der neuen Medien. Mit einer Einführung in Multimedia. 7. Aufl., Reinbek bei Hamburg 2006
- Schmidt, Ulrich: Digitale Film- und Videotechnik. 2. Aufl., München 2008
- Slansky, Peter C. (Hg.): Digitaler Film – digitales Kino. Konstanz 2004
- Stalla, Philippe: Der Film wird digital. Der Einfluss der Digitalisierung auf die professionelle Filmproduktion. Saarbrücken 2007
- Uhlig, Matthias A.: Manual der Filmkamertechnik. Waschow 2007

Hochschulschriften

- Zschockelt, Rainer: Video- und Produktionstechnik. Vorlesungsreihe, Hochschule Mittweida (FH), Fachbereich Medien, Mittweida 2008

Firmenschriften

exklusiv von ARRI bereitgestellt

- ARRI (Hrsg.): „Arriflex“ - Handkamera. München o.J.(a)
- ARRI (Hrsg.): Die Arriflex 35. Modell II B. München o.J.(b)
- ARRI (Hrsg.): Handbuch des Arriflex 35 – Systems. Teil I. Arriflex 35 Modell II B. München o.J.(c)
- ARRI (Hrsg.): Arriflex 35. Motion Picture Camera for 35 mm Film. Technical Instructions. München 1960

sonstige Veröffentlichungen

- Bloss, Hans: Die digitale Netzhaut. Bildsensoren für eine digitale Filmkamera. In: Slansky, Peter C. (Hg.): Digitaler Film – digitales Kino. Konstanz 2004, Seiten 123-142
- Kraus, Franz: Wie werden Filme morgen und übermorgen gedreht? In: Slansky, Peter C. (Hg.): Digitaler Film – digitales Kino. Konstanz 2004, Seiten 73-92

Internetquellen

- ARRI(Hrsg.): 3 Perforation, 2004,
http://www.arri.de/fileadmin/media/arri.com/downloads/Camera/35_Format_Film_Camera/ARRIFLEX_435_Xtreme/3perforation-public.pdf, 25.01.2010

- ARRI(Hrsg.): Camera Training. ARRIFLEX D-21. Digital Camera Basics, 2009(a),
http://arri21.com/sites/default/files/2009%2010-09%20Digital%20Camera%20Basics_0.pdf, 12.11.2009
- ARRI(Hrsg.): ARRIFLEX D-21. The Film Style Digital Camera, 2009(b),
<http://arri21.com/sites/default/files/2009%2010%20ARRIFLEX%20D-21%20Brochure.pdf>, 12.11.2009
- ARRI(Hrsg.): Awards, http://www.arri.de/about_arri/awards.html, 25.11.2009
- ARRI(Hrsg.): Workflowdiagramm Digital Intermediate,
http://www.arri.de/digital_intermediate_systems/arricube.html#_blank,
 27.01.2010 → auf entsprechende Grafik klicken zum auswählen
- CinePostproduction: Preisliste Filmentwicklung und Filmabtastung,
http://www.cinepostproduction.de/services/CinePostproduction_Preisliste_2008b.pdf, 25.01.2010
- Digital Photography Review(a): Analog/Digital Wandler,
http://www.dpreview.com/learn/?/Glossary/Camera_System/ad_converter_01.htm, 13.01.2010
- Digital Photography Review(b): Bayer Matrix,
http://www.dpreview.com/learn/?/Glossary/Camera_System/color_filter_array_01.htm, 13.01.2010
- FFA – Filmförderungsanstalt: Besucher-, Umsatz- und Eintrittspreisentwicklung der deutschen Filmtheater 2004 bis 2008,
http://www.ffa.de/downloads/marktdaten/3_Besucher_Umsatz_Preise/3.2_bundesw_alteundneue_BL/2004_bis_2008.pdf, 03.02.2010
- FGV Schmidle: Kameramietpreise, <http://www.fgv-rental.de/fgv09/htdocs/d/camera.php?setnav=4>, 25.01.2010
- Hope-Jones, Mark: Von Visionen und Innovationen. 90 Jahre ARRI. In: VisionARRI 10/07 Ausgabe 5, Seiten 48-51,
http://www.arri.de/fileadmin/media/arri.com/downloads/Press_Release/ARRIN_EWS_AND_VISIONARY/2007_12_VisionARRI_Ger.pdf, 12.11.2009
- Klingspon, Ingo: Mr. Pixel & Mrs. Grain. Eine filmreife Beziehung. In: VisionARRI 06/09 Ausgabe 8, Seiten 4-7,
http://www.arri.de/fileadmin/media/arri.com/downloads/Press_Release/ARRIN_EWS_AND_VISIONARY/VisionARRI_Ausgabe_8.pdf, 27.01.2010
- Kodak(Hrsg.): MTF Kurve,
http://motion.kodak.com/US/en/motion/Products/Production/VISION3_Color_Negative_Films/VISION3_500T/tech5219.htm#MTF, 27.01.2010 → dann auf CURVE unter der Überschrift MTF klicken
- Kodak(Hrsg.): Datenblatt Kodak VISION3 500T 5219, 2007,
http://motion.kodak.com/motion/uploadedFiles/DE_plugins_acrobat_de_motion_vision3_500t.pdf, 27.01.2010
- Kodak(Hrsg.): Datenblatt Kodak VISION3 250D 5207, 2009,
http://motion.kodak.com/motion/uploadedFiles/5207_SS_lo-res_de.pdf,
 27.01.2010

Molecular Expressions: CMOS Technologie, 18.09.2009,
<http://micro.magnet.fsu.edu/primer/digitalimaging/cmosimagesensors.html>,
13.01.2010

Unternehmensregister/ ARRI (Hrsg.): Jahresabschluss zum Geschäftsjahr vom
01.01.2007 bis zum 31.12.2007 PDF, 19.01.2009,
<http://www.unternehmensregister.de>, 23.11.2009 → Suche der Firma ARRI im
Firmensuchfeld und danach Download des o.g. Titels, da sich leider eine
Sitzungsabhängige URL generiert die nicht regenerierbar ist.

Wellen+Noethen: Preisliste für HDCAM SR Bänder, [http://www.wellen-noethen.de/
fileadmin/images/sales/prospekte/Preisliste_Kassetten_Sony.pdf.pdf](http://www.wellen-noethen.de/fileadmin/images/sales/prospekte/Preisliste_Kassetten_Sony.pdf.pdf),
25.01.2010

Wikipedia(a): optische Abbildung, 29.01.2004, [http://de.wikipedia.org/w/index.php?
title=Datei:Reelles_Bild.png&filetimestamp=20040129201009](http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Reelles_Bild.png&filetimestamp=20040129201009), 31.01.2010

Wikipedia(b): Spiegelreflex, 22.01.2007, [http://de.wikipedia.org/w/index.php?
title=Datei:SLR_cross_section.svg&filetimestamp=20070122021720](http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:SLR_cross_section.svg&filetimestamp=20070122021720),
10.12.2009

Wikipedia(c): Diskretheit, 04.09.2009: <http://de.wikipedia.org/wiki/Diskretheit>,
16.01.2010

Wikipedia(d): Begriffserklärung Revolver, 07.01.2010,
[http://de.wikipedia.org/wiki/Revolver_\(Begriffsklärung\)](http://de.wikipedia.org/wiki/Revolver_(Begriffskl%C3%A4rung)), 31.01.2010

Youtube: <http://www.youtube.com>, 27.01.2010

telefonischer Kontakt

Müller, Marita (ARRI Marketing Communication): Lebensdaten Robert Richter,
29.01.2010






Schlepple, Christian (Kodak GmbH Entertainment Imaging): Preis für Filmmaterial,
25.01.2010

Anlagen

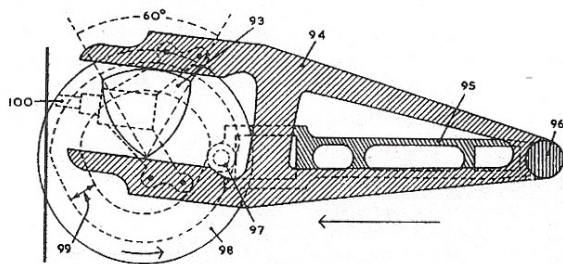
Anlagenverzeichnis

<i>Anlage 1: Perforationslochform und Perforationslochabstand</i>	<i>56</i>
<i>Anlage 2: Bewegung des Greifers</i>	<i>57</i>
<i>Anlage 3: Ausleseprinzip des CCD Sensors</i>	<i>58</i>
<i>Anlage 4: CCD Interline Transfer</i>	<i>59</i>
<i>Anlage 5: CCD Frame Transfer</i>	<i>60</i>
<i>Anlage 6: CCD Frame Interline Transfer</i>	<i>61</i>
<i>Anlage 7: Abtastverhältnis</i>	<i>62</i>
<i>Anlage 8: Datenblatt ARRIFLEX D-21</i>	<i>63</i>

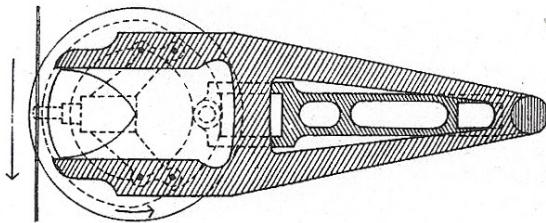
Anlage I: Perforationslochform und Perforationslochabstand¹²⁶

PERFORATIONSLOCHFORM UND PERFORATIONSLOCHABSTAND												
PERFORATIONSLOCHFORMEN												
BEZEICH- NUNG	DIN	N	P	CSA	DH	16						ABMESSUNGEN
	ISO	N	P	AC	DH	16						
	USA	BH	KS	CS	DH	16						
		BELL HOWELL										
FILMFORMAT	70 mm	LONG PITCH		BREITE	2,8	1,99	2,8	BREITE	1,83	70 mm		
		METRISCH		HÖHE	1,98	1,85	HÖHE	1,27				
		INCHES		RADIUS	0,5	0,33	RADIUS	0,25				
		4750		1870	4750	1870						
65 mm	SHORT PITCH		BREITE	2,8	1,99	2,8	BREITE	1,83	65 mm			
	METRISCH		HÖHE	1,98	1,85	HÖHE	1,27					
	INCHES		RADIUS	0,5	0,33	RADIUS	0,25					
	4740		1868	4740	1870							
35 mm	SHORT PITCH		BREITE	2,8	1,99	2,8	BREITE	1,83	35 mm			
	METRISCH		HÖHE	1,98	1,85	HÖHE	1,27					
	INCHES		RADIUS	0,5	0,33	RADIUS	0,25					
	4740		1866	4750	1870							
16 mm	SHORT PITCH		BREITE	2,8	1,99	2,8	BREITE	1,83	16 mm			
	METRISCH		HÖHE	1,98	1,85	HÖHE	1,27					
	INCHES		RADIUS	0,5	0,33	RADIUS	0,25					
	4740		1866	4750	1870							
<p>Die Tabelle gibt einen Überblick der wichtigsten Kombinationen von Lochformen und Lochabständen bei professionellen Kinetematiken (ausgenommen spezielle Kopierwerkmaterialien und Sonderformen). Die Perforationslöcher sind alle im gleichen Maßstab gezeichnet. Der Lochabstand (pitch) wird in den Datenblättern und auf den Filmdosenketten üblicherweise in tausendstel Millimetern beziehungsweise in zehntausendstel Inch angegeben.</p> <p>Die Kamerarolle sind grau gekennzeichnet. * Zweifseitig perforiertes 16-mm-Material für spezielle Highspeedkameras kann auch mit long pitch geliefert werden.</p> <p>Lochform: DH für 35-mm-Film ist veraltet und wird nicht mehr hergestellt.</p>												

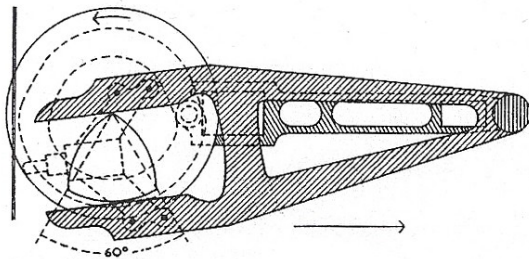
Anlage 2: Bewegung des Greifers¹²⁷



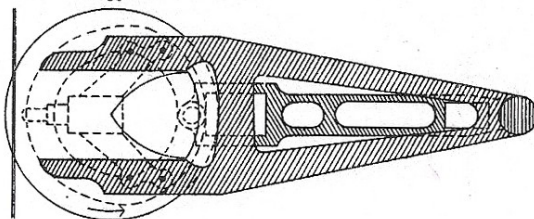
(a)
SLIDE AND CLAW ARM MOVING HORIZONTALLY
TO LEFT. NO VERTICAL MOVEMENT OF CLAW
DURING 60° ROTATION OF CAM.



(b)
SLIDE AND CLAW ARM STATIONARY IN EXTREME
LEFT-HAND POSITION. CLAW DESCENDING PULLING
DOWN FILM.



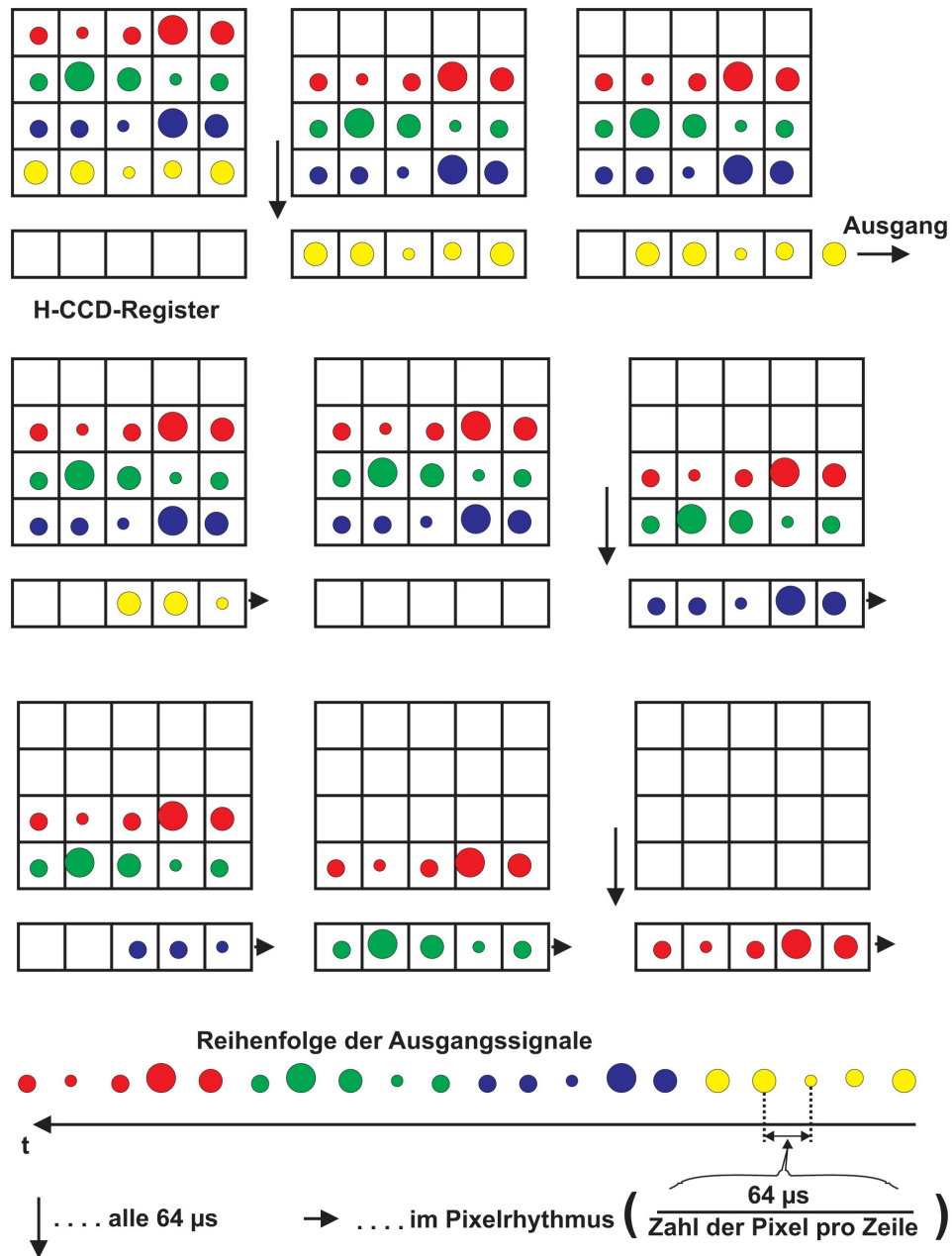
(c)
SLIDE AND CLAW ARM MOVING HORIZONTALLY
TO RIGHT. NO VERTICAL MOVEMENT OF CLAW
DURING 60° ROTATION OF CAM.



(d)
SLIDE AND CLAW ARM STATIONARY IN EXTREME
RIGHT-HAND POSITION. CLAW ASCENDING CLEAR
OF FILM.

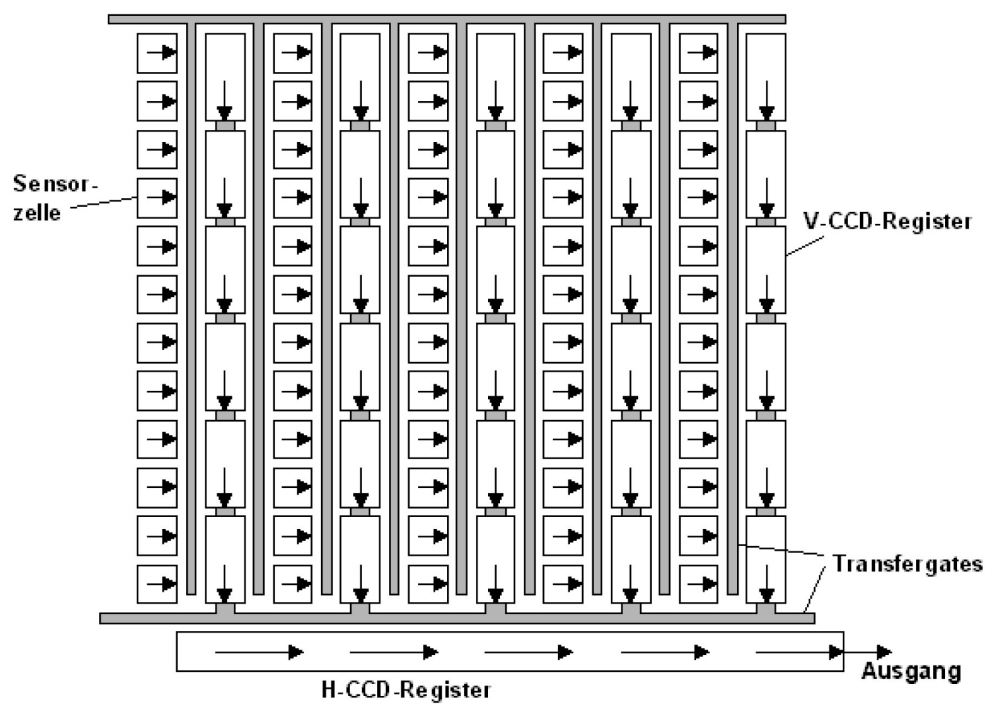
¹²⁷aus: ARRI (Hrsg.) 1960, 24

Anlage 3: Ausleseprinzip des CCD Sensors¹²⁸



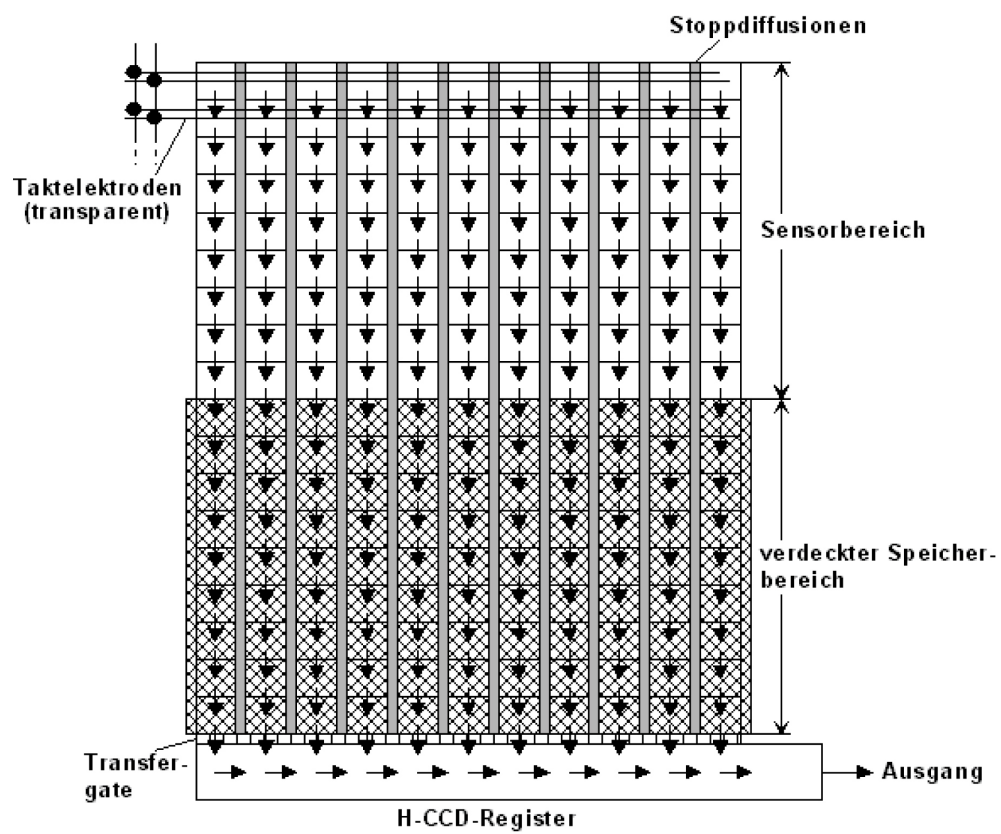
¹²⁸aus: Zschockelt 2008

Anlage 4: CCD Interline Transfer¹²⁹



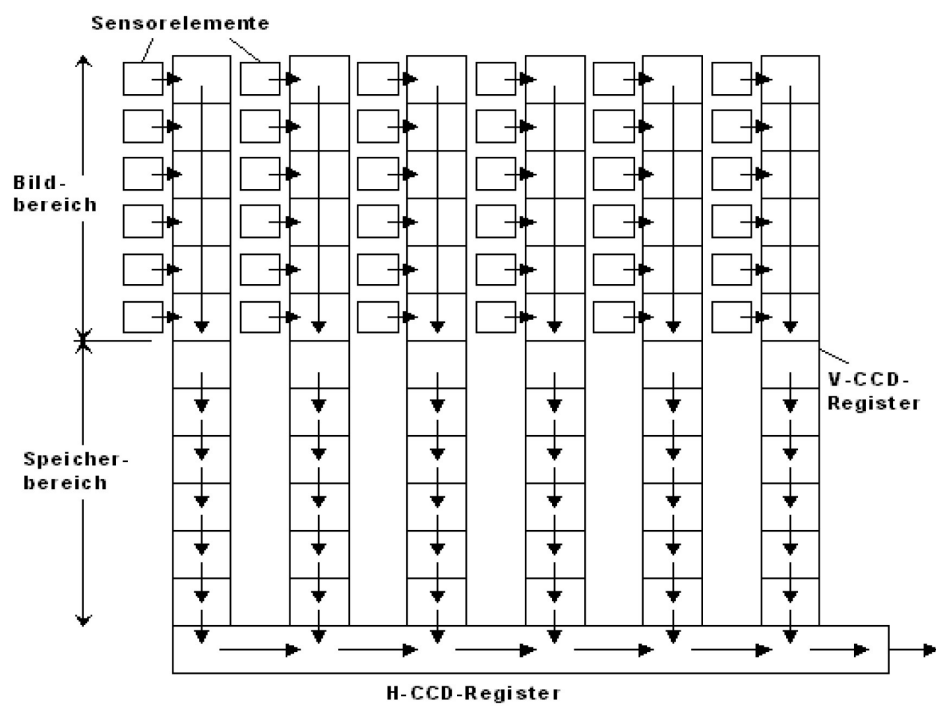
¹²⁹aus: Zschockelt 2008

Anlage 5: CCD Frame Transfer¹³⁰

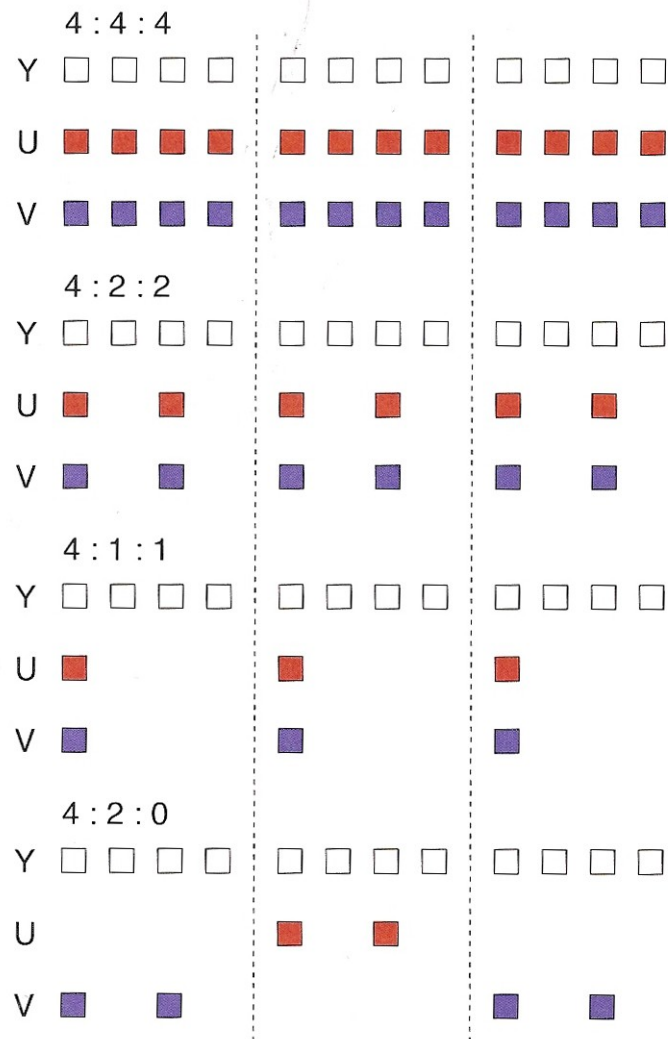


¹³⁰aus: Zschockelt 2008

Anlage 6: CCD Frame Interline Transfer¹³¹



¹³¹aus: Zschockelt 2008



¹³²aus: Uhlig 2007, 144

Anlage 8: Datenblatt ARRIFLEX D-21¹³³

Technical Data

Model	ARRIFLEX D-21		
			
Camera type	35 format digital film style camera with an optical viewfinder		
HD-SDI connections	2x dual link HD-SDI out		
Frame rate	Mode	Setting	Camera fps
	HD Mode	HD422 (16:9)	1 - 60
		HD444 (16:9)	1 - 30
	Mscope™	Mscope™ HD422 (4:3)	1 - 25
	Data Mode	ARRIRAW (16:9)	1 - 30
		ARRIRAW (4:3)	1 - 25
Frame rates other than the standard HD video frame rates of 23.976, 24, 25, 29.97, 30, 48, 50, 59.94 PsF and 60 PsF can be achieved with a recorder that can interpret the Variframe Flag.			
All frame rates are crystal controlled and can be set with 0.001 fps precision. Exposure compensated speed ramps are supported by the electronic mirror shutter.			
Aperture	23.760 x 13.365 mm/0.9354" x 0.5262" in HD Mode 23.760 x 17.820 mm/0.9354" x 0.7016" max. in Data Mode & Mscope™		
Signal output	HD Mode – HD422 – HD-SDI (SMPTE 292M): - 1920 x 1080 4:2:2 YCbCr 10 bit @ 23.976, 24, 25, 29.97, 30 PsF		
	HD Mode – HD444 – dual link HD-SDI (SMPTE 372M): - 1920 x 1080 4:4:4 RGB 10 bit @ 23.976, 24, 25, 29.97, 30 PsF		
	HD Mode – High Speed HD422 & Mscope™ – dual stream HD-SDI (2x SMPTE 292M): - 1920 x 1080 4:2:2 YCbCr 10 bit @ 48, 50, 59.94, 60PsF - 1920 x 1080 4:2:2 YCbCr 10 bit @ 23.967, 24, 25PsF		
	Data Mode – ARRIRAW T-Link (ARRIRAW transmission protocol mapped into RGBA dual link HD-SDI stream according to SMPTE 372M): - 2880 x 2160 RAW 12 bit Bayer data @ 23.976p, 24p, 25p - 2880 x 1620 RAW 12 bit Bayer data @ 29.97p, 30p		
Weight (without lens)	Body only:	9.3 kg/20.5 lbs	
	Body and viewfinder:	11.6 kg/25.5 lbs	

¹³³ aus: ARRI(b) 2009, 22 f.

Technical Data

Lens mount	54 mm PL, centered for Super 35, with Lens Data System (LDS) contacts Flange focal depth 52 mm nominal	
Display	Camera display on left side with individual buttons for: camera RUN, PHASE (electronic inching & mirror rotation), NORM-PS/CCU control, LOCK, MODE, SEL and SET. Video menu over composite video output for control of operational parameters: Output mode, standard frame rates, white balance and color matrix, signal output range, contrast characteristic and sensitivity.	
Shutter	Spinning, electronically adjustable reflex mirror shutter. Adjustable to 11.2°, 22.5°, 30°, 45°, 60°, 75°, 90°, 105°, 120°, 135°, 144°, 150°, 172.8° and 180°	
Viewfinder	Optical reflex viewfinder with interchangeable ground glass. Spherical or universal (adjustable to spherical or anamorphic) viewfinders available. Viewfinders are adjustable in two axes with automatic or manual image compensation, laterally extendable for left eye operation and show illuminated frame lines (ARRIGLOW, adjustable in brightness). Optional medium or long finder extender including magnifier. Optional heated eyecup.	
Video assist	SD monitoring (PAL/NTSC video downsampled from captured image) with composite video or S-Video outputs	
Recording	HD Mode – HD422: Requires a recorder supporting HD-SDI (SMPTE 292M) signals. HD Mode – HD444: Requires a recorder supporting dual link HD-SDI (SMPTE 372M) signals. HD Mode – Mscope™ and High Speed: Require a recorder supporting 2 parallel HD-SDI (SMPTE 292M) signals (dual camera input). Data Mode: Requires an ARRIRAW T-Link certified recorder or a system offering ARRIRAW; T-link compatible RGBA HD-SDI (SMPTE 372M) uncompressed recording.	
Connections	2x dual link HD-SDI 2x composite video out (CVBS) 1x S-Video out (Y/C) 1x power in (BAT) 1x 12 V accessory power out (Fischer 11-pin)	1x 24 V accessory power out (RS) 1x lens data display (LDD) 2x lens control system bus (LCS) 1x accessory interface (ACC) 1x camera control unit (CCU), 1 each focus, iris, zoom for lens motors
Power	24V DC (acceptable voltage range: 20.5 to 36 V DC)	
Power consumption	approx. 3.15 A @ 24 fps, 2.25 A in Standby Actual power consumption varies with output configuration, connected electronic accessories and environmental conditions.	
Sound	Less than 20 dB(A) @ 24 fps	
Dimensions	Length: 39 cm/15.35" Width (viewfinder left): 27 cm/10.63" Height with handle: 30 cm/11.81" Height without handle: 23 cm/9.06"	
Accessories	The ARRIFLEX D-21 accepts a wide range of production and lightweight matte boxes (15 or 19 mm system), follow focus units, Lens Control System (LCS) components, Wireless Remote System (WRS) components, electronic accessories and support systems. The camera supports the Lens Data System (LDS), expanding LCS and WRS functionality. Specifically for ARRIFLEX D-21: Low mode support set for Steadicam operation or underslung use and top-mounting of accessories without bridge plate, Fiber Link Unit (FLU-1) and Fiber Link Remote (FLR-1) for an optical link to the recorder.	
Misc.	Extra attachment points for rigging	

All data subject to change without notice.

Selbständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit ohne fremde Hilfe selbstständig und nur unter Verwendung der angegebenen Literatur und Hilfsmittel angefertigt habe. Alle Teile, die wörtlich oder sinngemäß einer Veröffentlichung entstammen, sind als solche kenntlich gemacht.

Die Arbeit wurde noch nicht veröffentlicht oder einer anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.